HUMEDALES ARTIFICIALES: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Juan José Salas Rodríguez
Director I+D+i Fundación CENTA
jjsalas@centa.es

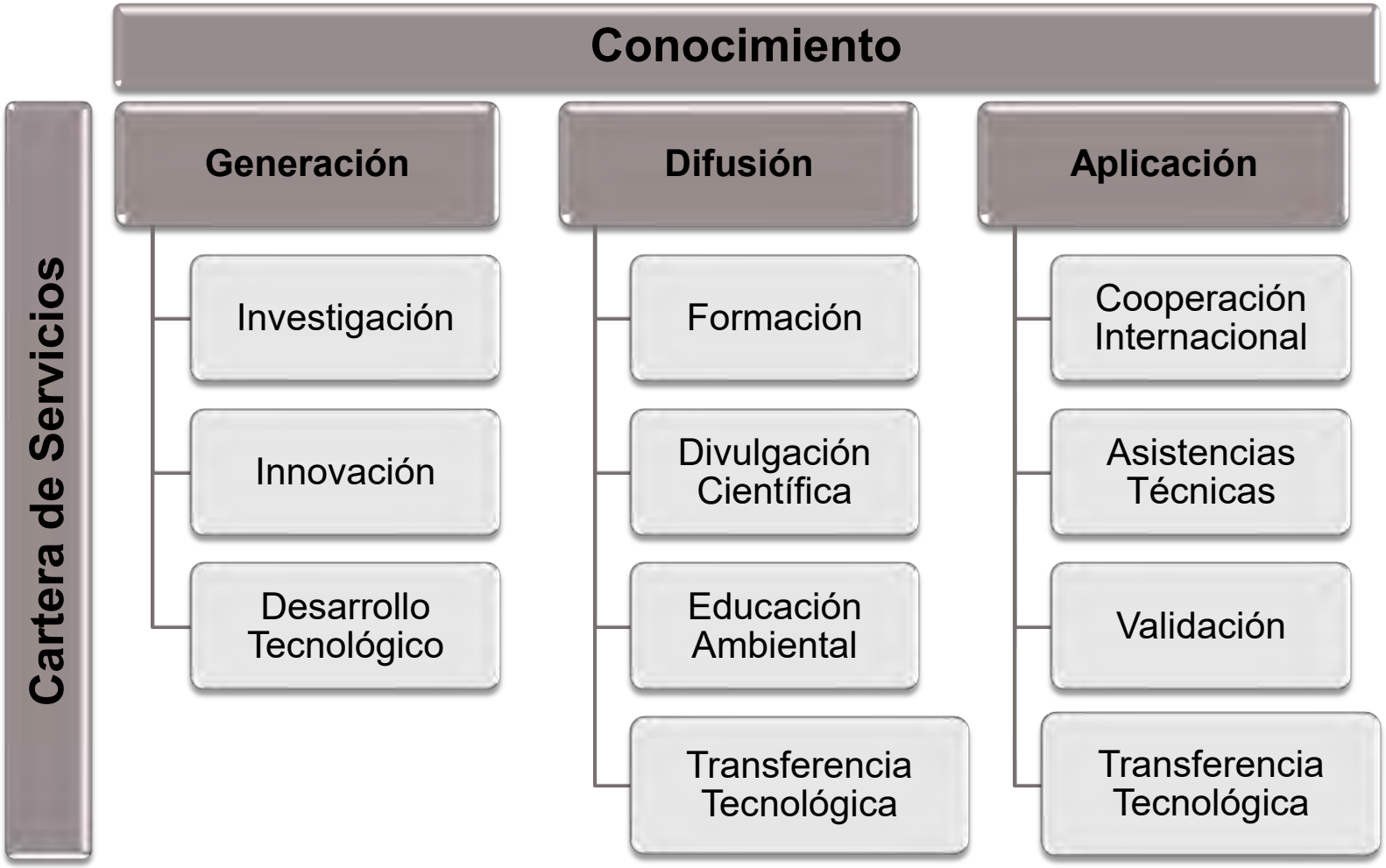
Jornada Técnica: Diseño, construcción y explotación de Humedales Artificiales en pequeños municipios

PRESENTACIÓN DE LA FUNDACIÓN CENTA

Jornada Técnica: Diseño, construcción y explotación de Humedales Artificiales en pequeños municipios

Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA)

Objetivo: poner el conocimiento al servicio de la sociedad



INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN
DESARROLLO TECNOLÓGICO

Carrión de los Céspedes (Sevilla)

1990

www.centa.es

Tecnologías Intensivas

Tecnologías Extensivas

fia

Laboratorios
Cultivo de microalgas

INVESTIGACIÓN

Aplicación de técnicas electroquímicas microbianas al tratamiento de las aguas residuales

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN · INNPACTO

Bio-SO

HORIZON 2020 — EXCELLENT SCIENCE · COMPETITIVE INDUSTRIES · BETTER SOCIETY

iMETland

SMART WETLAND

AQUAelectra

EM4EM

EIP Water — Boosting opportunities – Innovating water

MEET-ME4WATER Action Group

Cultivo de microalgas

biosol water recycling

Life

JUNTA DE ANDALUCIA — CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

Eliminación de fósforo

Mejoras en el rendimiento de eliminación de fósforo en un reactor secuencial (SBR) para el tratamiento de aguas residuales

JUNTA DE ANDALUCIA — CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

Nanopartículas

Nuevas tecnologías en procesos de tratamiento de las aguas mediante el uso de composites basados en minerales de arcilla modificados

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Reutilización

Reutilización de aguas: más allá del Real Decreto1620/2007

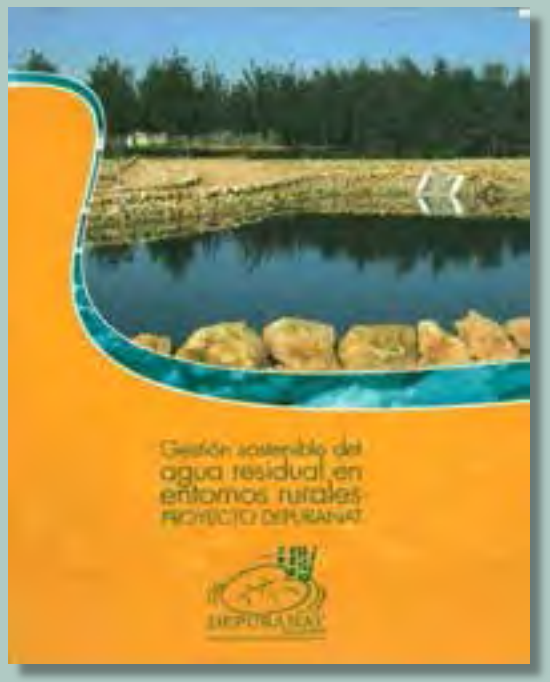
GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Valorización de lodos

Diseño y aplicación de un proceso bifásico (enzimático-físico), como alternativa al compostaje de lodos de depuradora para su valorización agronómica y ambiental

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

DIFUSIÓN: DIVULGACIÓN CIENTÍFICA



DIFUSIÓN:
DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Tecnologías de Pequeña Escala para la Depuración y Gestión de Aguas Residuales en el Ámbito Mediterráneo

Small Wastewater Technologies and Management for the Mediterranean Area

2002

SmallWat07

II Congreso Internacional Smallwat

Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Colectividades

WFD^{-4} / MDG^{-4}

Smallwat11

3rd INTERNATIONAL CONGRESS

WASTEWATER IN SMALL COMMUNITIES

TOWARDS THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (WFD)

AND THE MILLENNIUM DEVELOPMENT GOALS (MDG)

DIFUSIÓN: EDUCACIÓN AMBIENTAL

DIFUSIÓN/APLICACIÓN:TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES Y DE COOPERACIÓN

aecid

Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo
CONSEJERÍA DE ADMINISTRACIÓN LOCAL Y RELACIONES INSTITUCIONALES

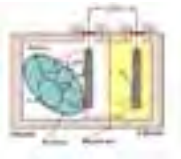
BID
Banco Interamericano de Desarrollo

Ecología y Desarrollo
www.ecodes.org

ACUA

Saraswati

SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME



CATALIZADOR

APLICACIÓN DEL CONOCIMEINTO: VALIDACIÓN

Marcado CE. Norma UNE-12566-3 Anexo B(Directiva 89/106/CEE)
CENTA: organismo notificado nº 2236

TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS

Jornada Técnica: Diseño, construcción y explotación de Humedales Artificiales en pequeños municipios

La depuración biológica de las ARU

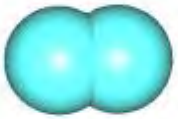
Oxidación

$COHNS + O_2 + Bacterias \rightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + Nuevas\ bacterias + Energía$

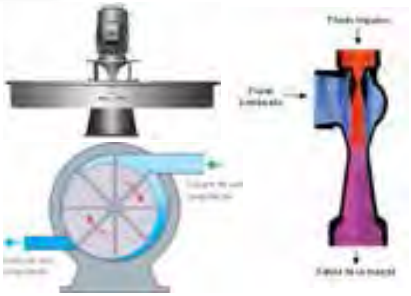
AGUA RESIDUAL

BACTERIAS

OXÍGENO (AIRE)



O_2

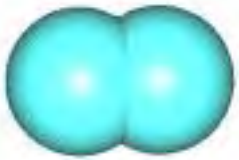


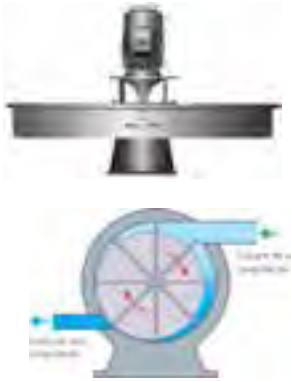
AGUA DEPURADA

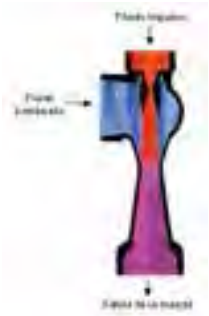
LODOS

Los mecanismos de aporte de O_2

O_2

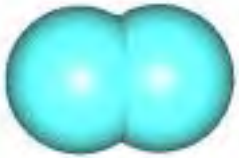


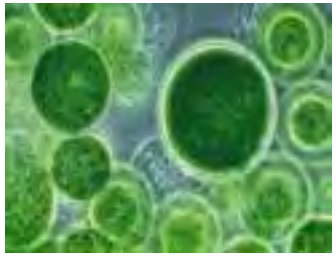


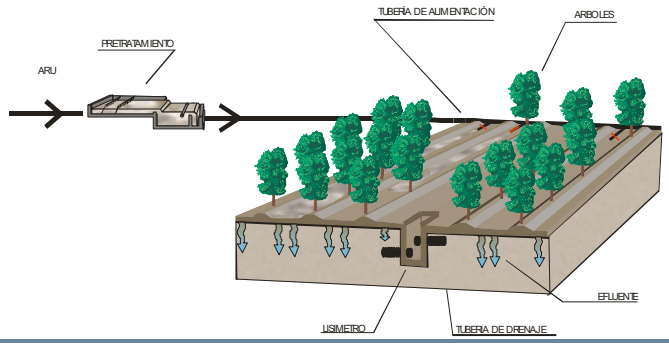


TECNOLOGIAS INTENSIVAS

O_2







TECNOLOGIAS EXTENSIVAS

Tecnologías intensivas vs Tecnologías Extensivas

Tecnologías Intensivas

> ENERGÍA

↓

< SUPERFICIE (< 1m²/h.e.)

O_2

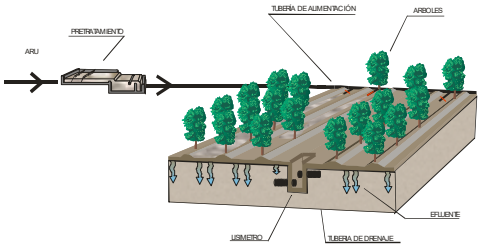
kWh

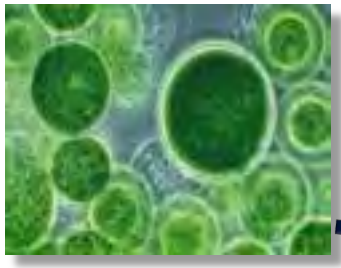
Tecnologías Extensivas

< ENERGÍA

↓

> SUPERFICIE (> 1m²/h.e.)





O_2

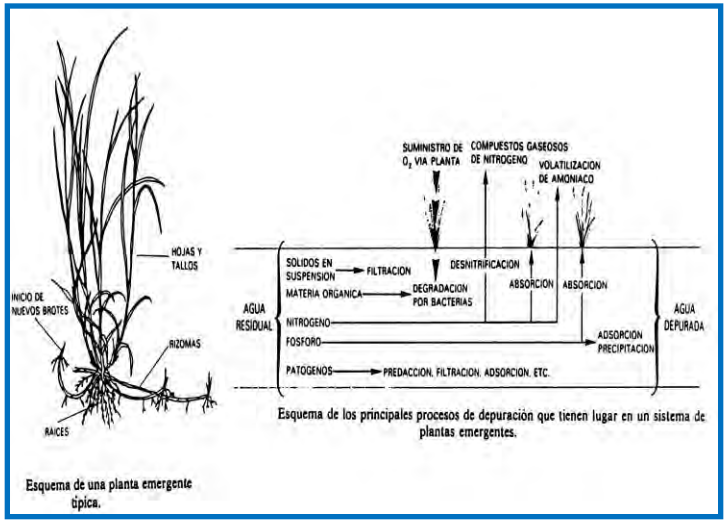
Tecnologías Extensivas

HUMEDALES ARTIFICIALES

Humedales artificiales:
FUNDAMENTOS

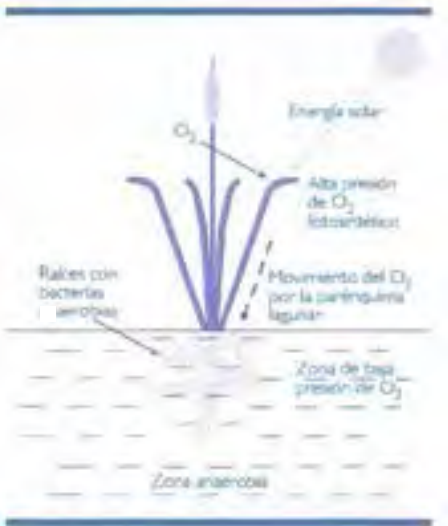
Reproducen, de forma artificial, los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en las **zonas húmedas naturales.**

La depuración de las aguas residuales tiene lugar al hacerlas circular a través de estas zonas húmedas artificiales, en las que se desarrollan ***procesos físicos, químicos y biológicos.***



Esquema de una planta emergente típica.

Esquema de los principales procesos de depuración que tienen lugar en un sistema de plantas emergentes.



4 g 0_2/m^2.d

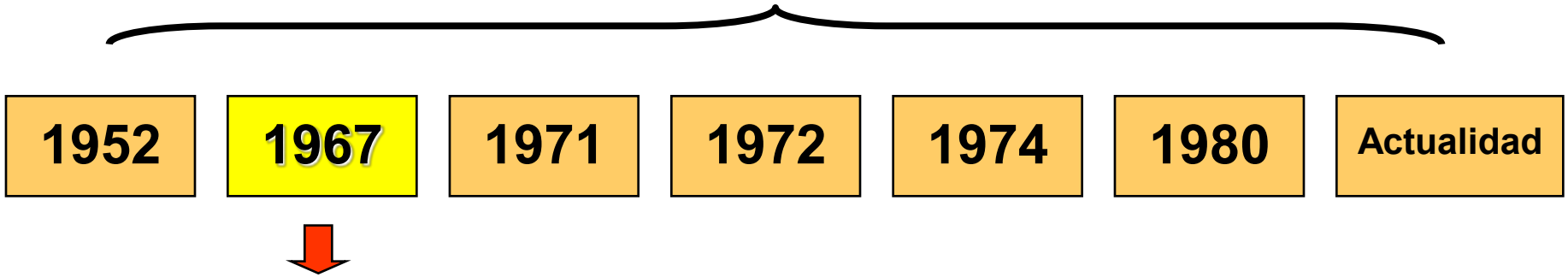
Humedales artificiales: UN POCO DE HISTORIA

1952	1967	1971	1972	1974	1980	Actualidad

- **La investigación sobre Humedales Artificiales como alternativa de tratamiento la inició Seidel en el Instituto Max Planck (Alemania)**

Fuente: Jordi Morató (UPC)

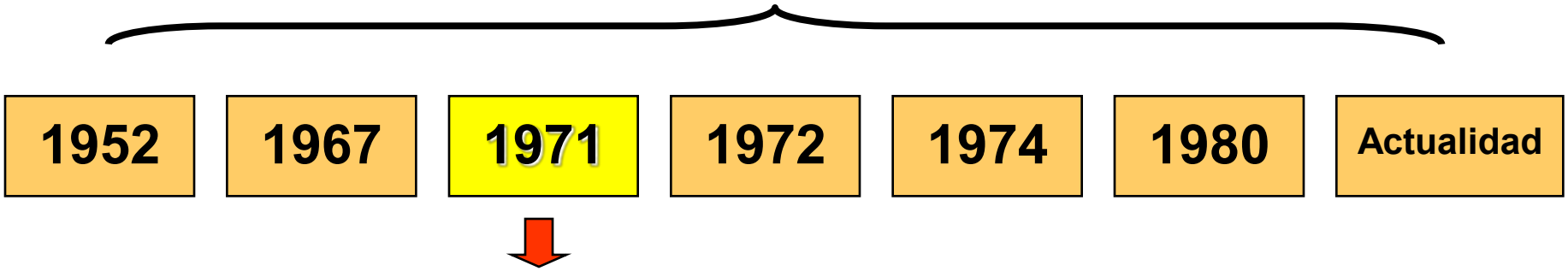
Humedales artificiales: UN POCO DE HISTORIA



- **La Universidad de Carolina del Norte inicia una serie de estudios encaminados a evaluar la capacidad de tratamiento terciario de los Humedales Artificiales.**

Fuente: Jordi Morató (UPC)

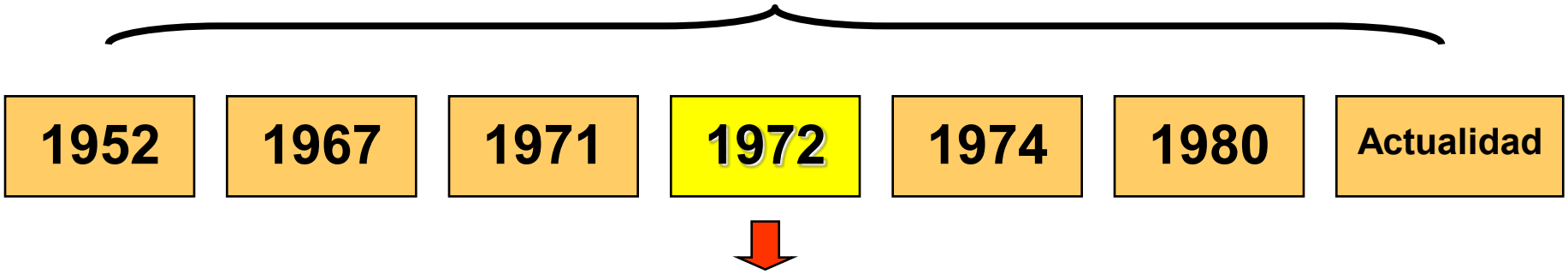
Humedales artificiales: UN POCO DE HISTORIA



- **Se construye el primer Humedal Artificial de tratamiento de aguas residuales en Houghton (Michigan).**

Fuente: Jordi Morató (UPC)

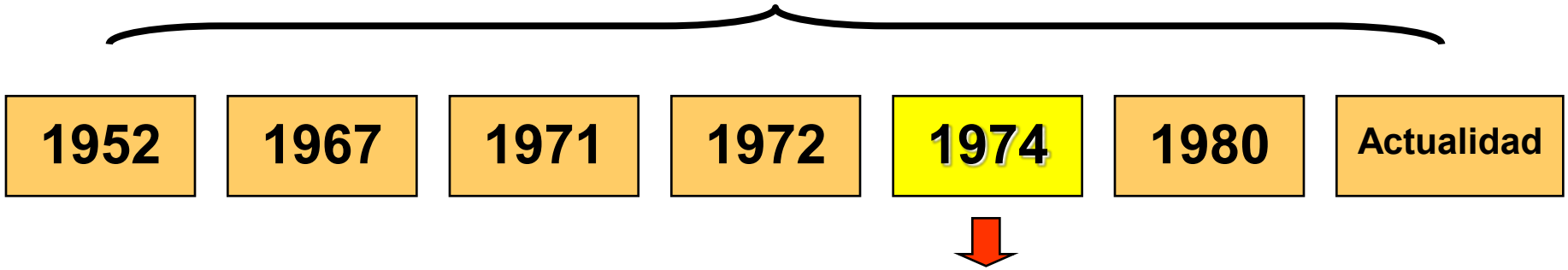
Humedales artificiales: UN POCO DE HISTORIA



- **La Universidad de Florida inicia una serie de proyectos de investigación para determinar los aspectos físicos, químicos y biológicos que intervienen en la depuración de aguas residuales mediante Humedales Artificiales.**

Fuente: Jordi Morató (UPC)

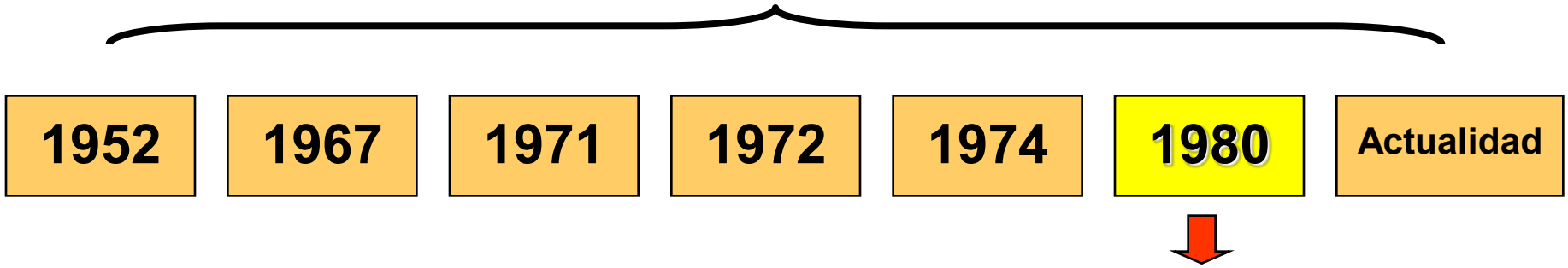
Humedales artificiales: UN POCO DE HISTORIA



- **Se construye el primer Humedal Artificial en Europa, en Othfresen (Alemania).**

Fuente: Jordi Morató (UPC)

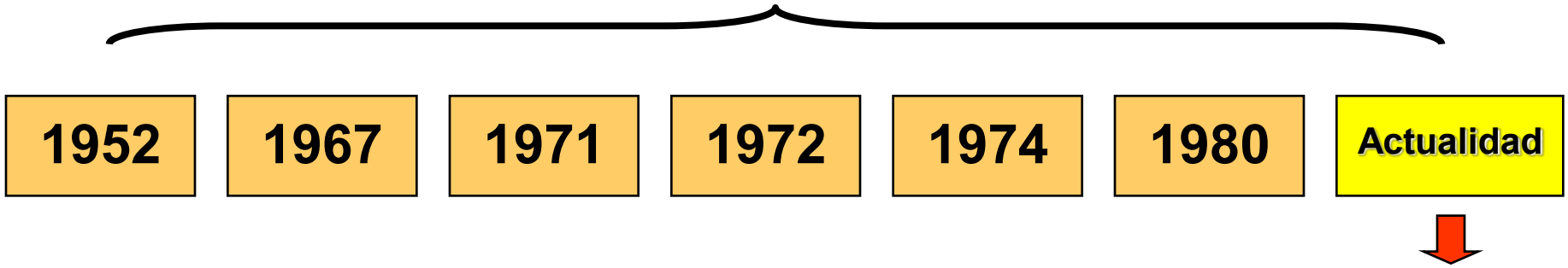
Humedales artificiales: UN POCO DE HISTORIA



- **Se desarrolla la tecnología y aparecen los primeros criterios de diseño. Gran auge al emplear áridos como sustratos.**

Fuente: Jordi Morató (UPC)

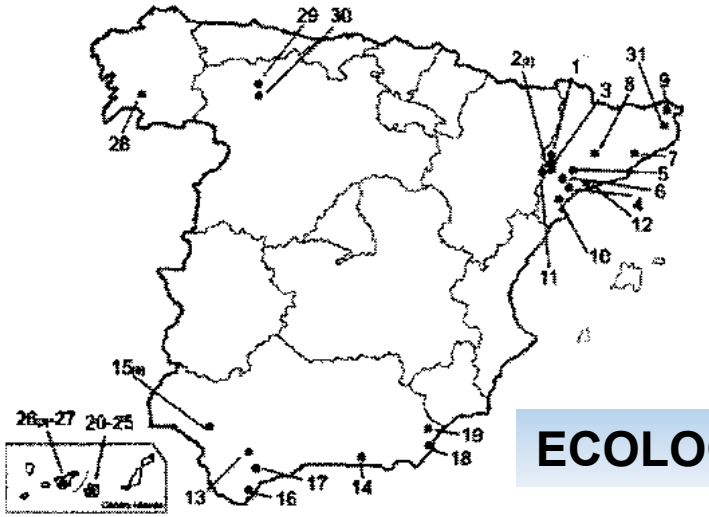
Humedales artificiales: UN POCO DE HISTORIA



- **Se ha constituido como una de las tecnologías extensivas con mayor grado de implantación a nivel mundial.**

Fuente: Jordi Morató (UPC)

Humedales artificiales: UN POCO DE HISTORIA

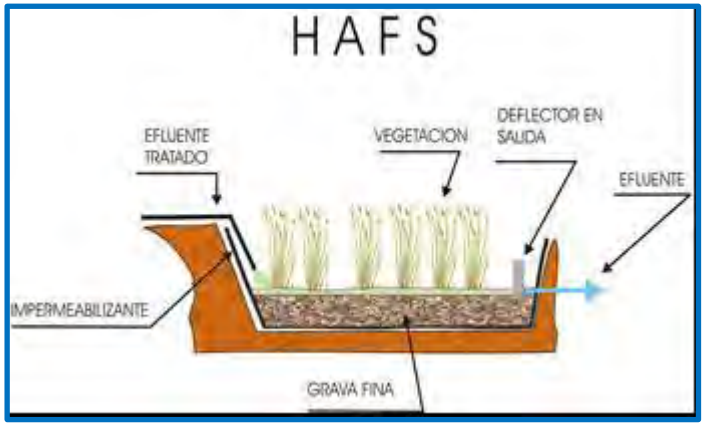


ECOLOGICAL ENGINEERING 30 (2007)312–319

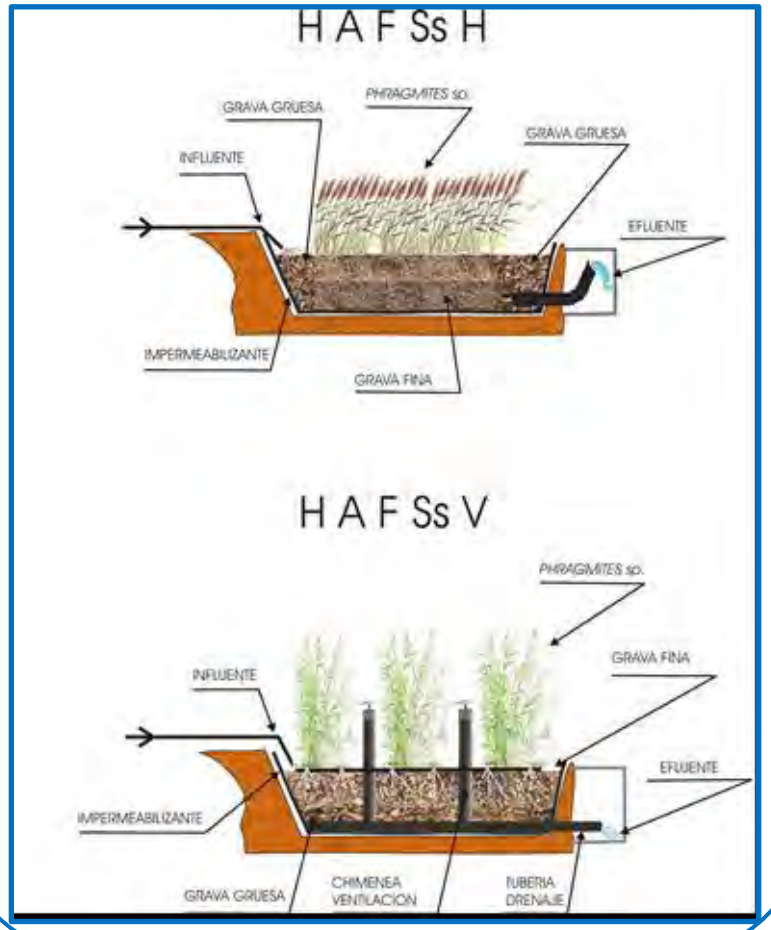
Fig. 1 – Geographical locations of the surveyed systems (sorted by regions). The small numbers in the figure in brackets represent the number of systems at a given location. *Catalonia*: [1] Corbins, [2] Almatret, [3] Alfés, [4] El Mastoig, [5] Verdú, [6] La Fatarella, [7] Gualba, [8] St. Martí de Sesgueioles, [9] Vilajuïga, [10] Arnes, [11] Pobla de Massaluca, [12] Vilaplana, [31] Cervià de Ter. *Andalusia*: [13] La Muela (Algodonales), [14] Albondón, [15] Carrión de los Céspedes, [16] Algeciras, [17] Cortés de la Frontera, [18] Mojácar, [19] Los Gallardos. *Canary Islands*: [20] Valleseco, [21] Las Palmas de Gran Canaria, [22] Villa de Santa Brígida, [23] Agüimes, [24] Valsequillo, [25] Santa Lucía, [26] Buena Vista del Norte, [27] El Rosario. *Galicia*: [28] Beariz. *Castilla-León*: [29] Bustillo de Cea, [30] Cubillas de los Oteros.

Humedales artificiales: TIPOS

Humedales Artificiales de Flujo Superficial

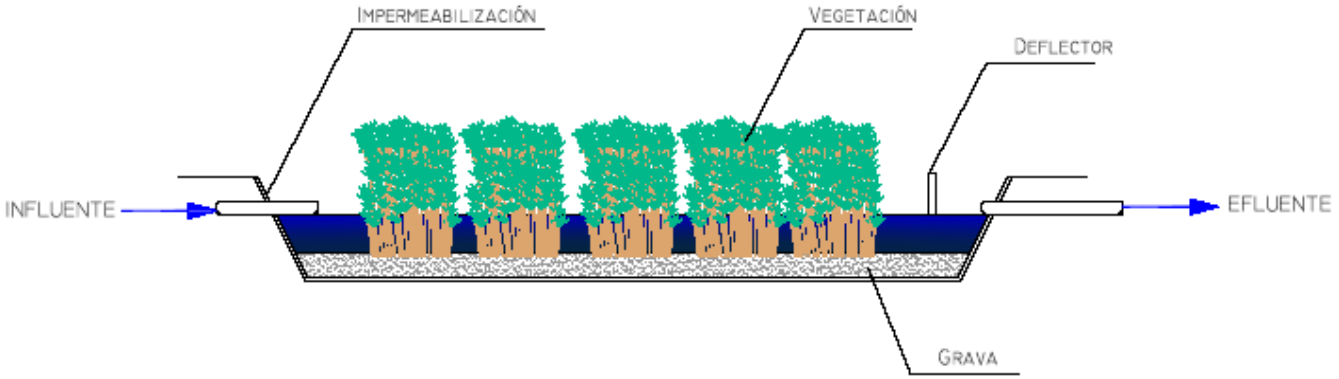


Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial



Según el Convenio Ramsar, un humedal es "***una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan".***

Humedales artificiales: FLUJO SUPERFICIAL



Balsas, o canales, con vegetación emergente y niveles de agua poco profundos ***(inferiores a 0,4 m).***

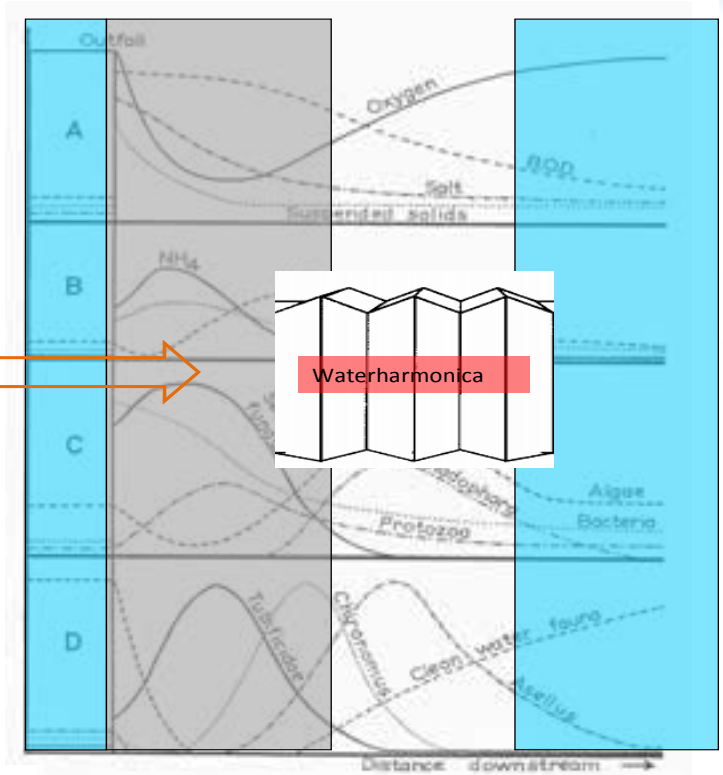
Pueden considerarse como una variedad de los lagunajes clásicos, con menor profundidad de lámina de agua y existencia de vegetación arraigada en el fondo.

Suelen ser instalaciones de varias hectáreas que, principalmente, se emplean como tratamiento de afino (reciben efluentes procedentes de tratamientos secundarios), a modo de reutilización ambiental de las aguas tratadas.

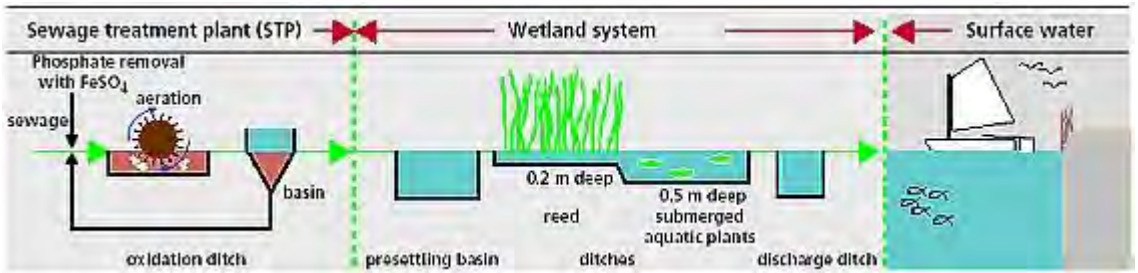
The Waterharmonica:

Bridge between sewage treatment and surface water

(Ruud Kampf)



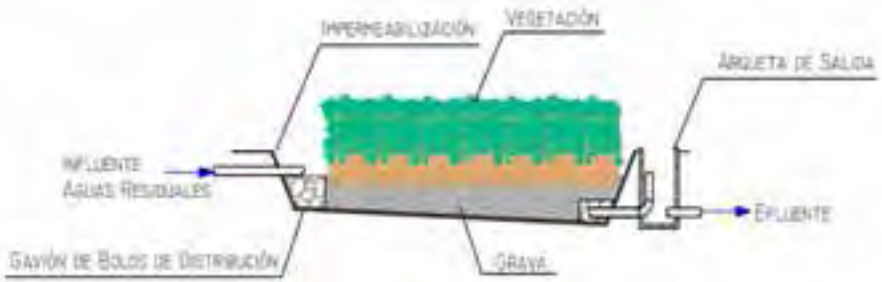
Based on Hynes, 1960 The biology of polluted waters



Consorci Costa Brava

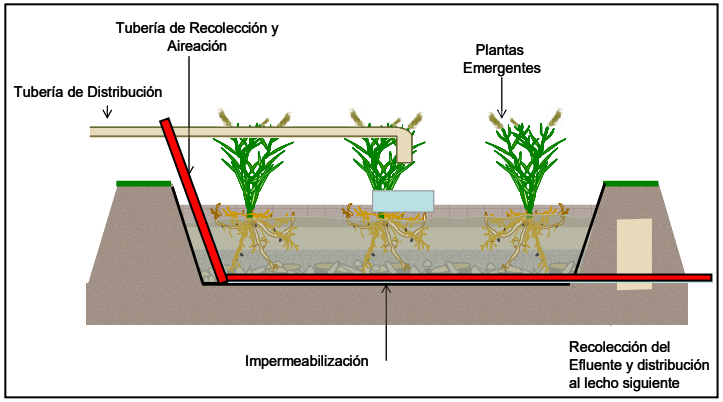
Humedales artificiales: FLUJO SUBSUPERFICIAL

Flujo Horizontal



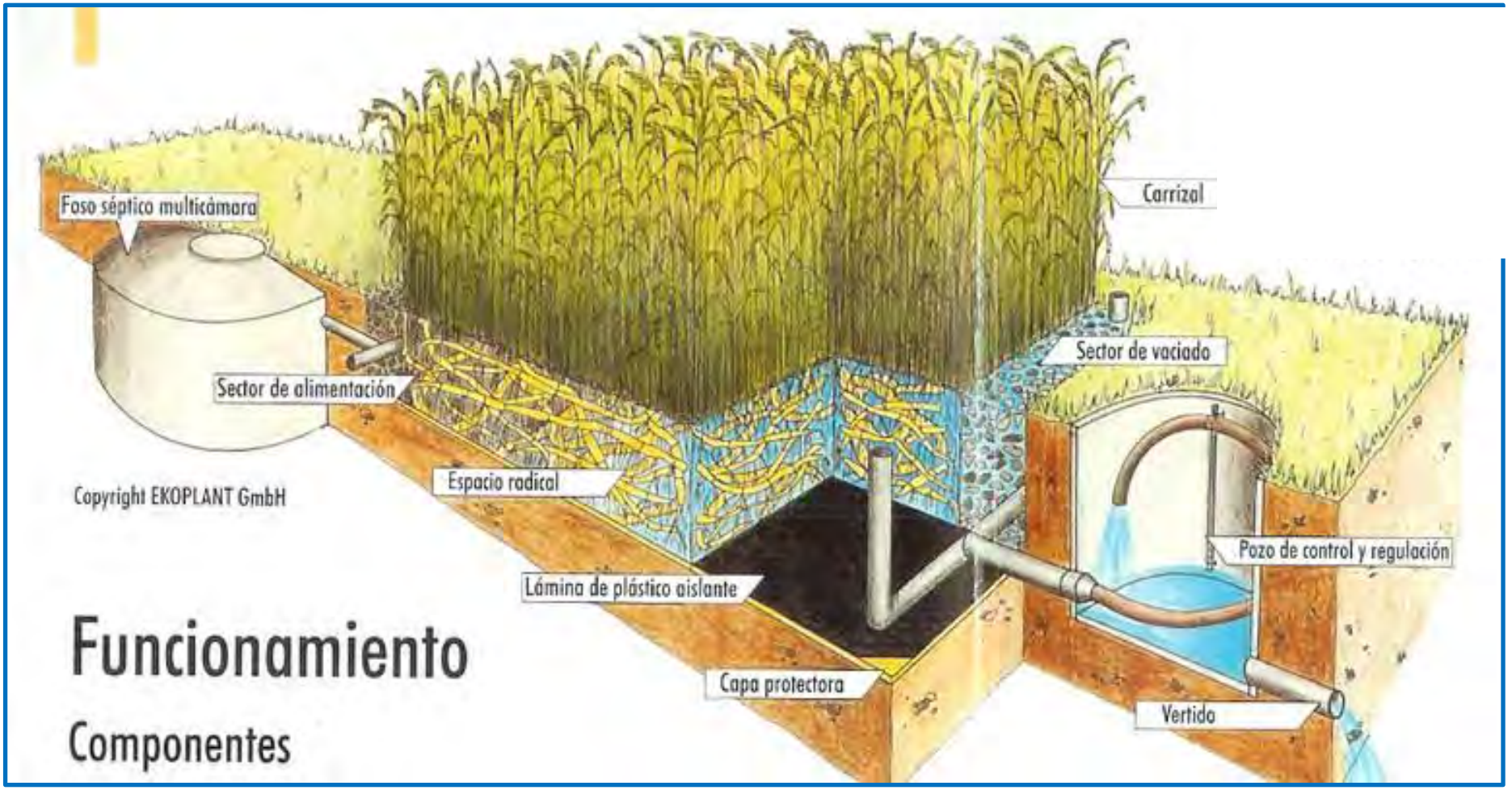
EDAR de Verdú (Lérida) (2.000 h.e.)

Flujo Vertical

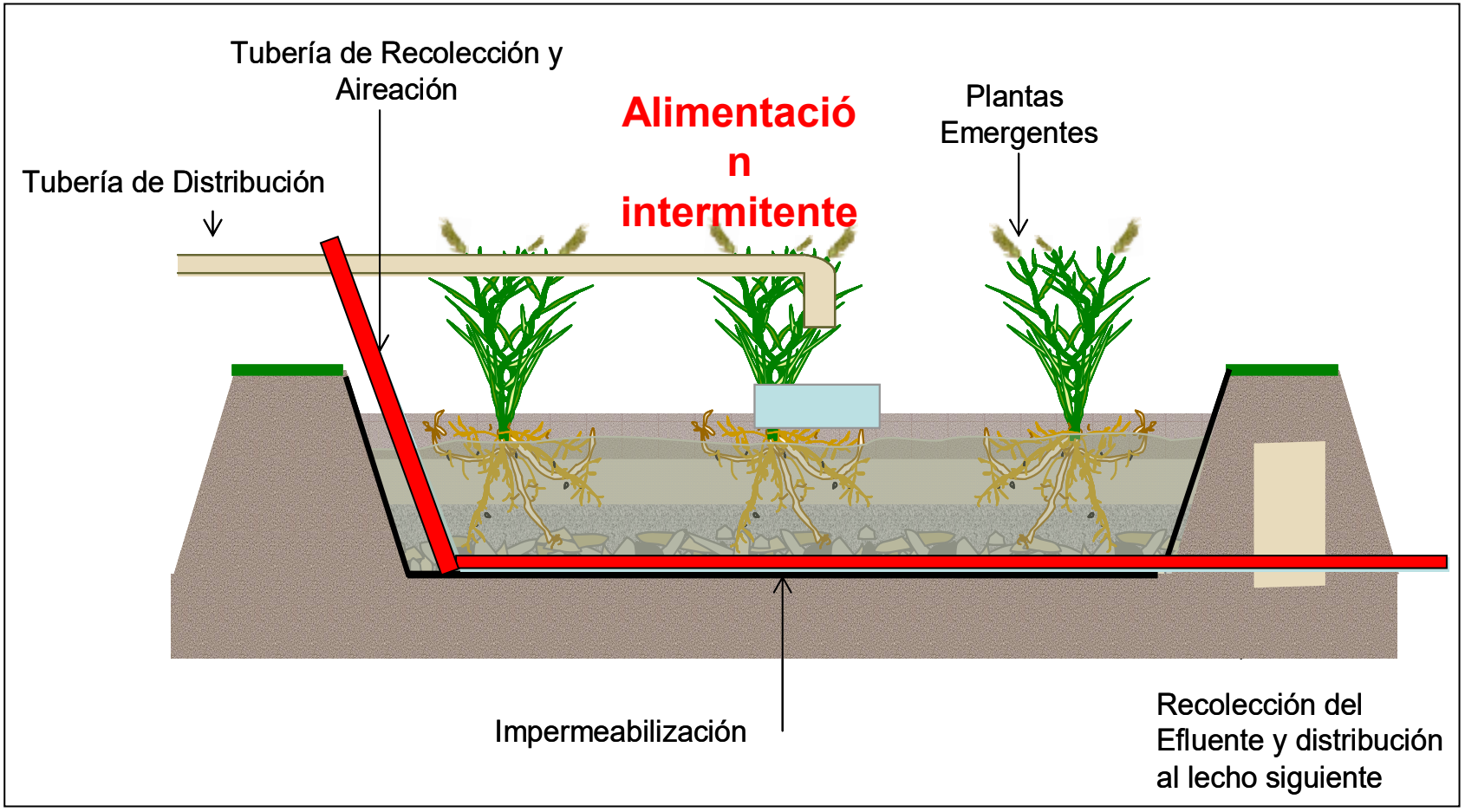


PECC (Sevilla) (100 h.e.)

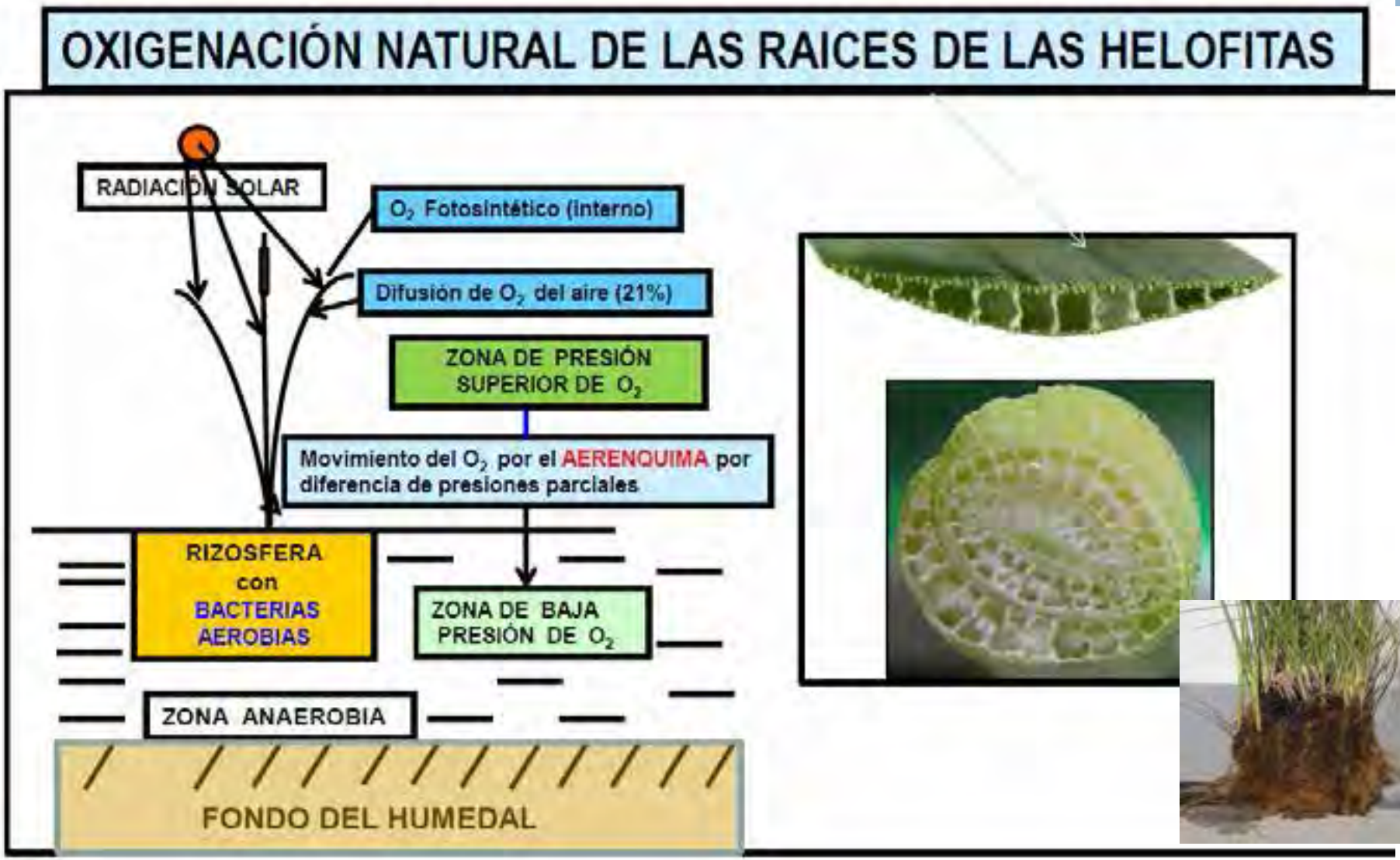
Humedales artificiales: FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL



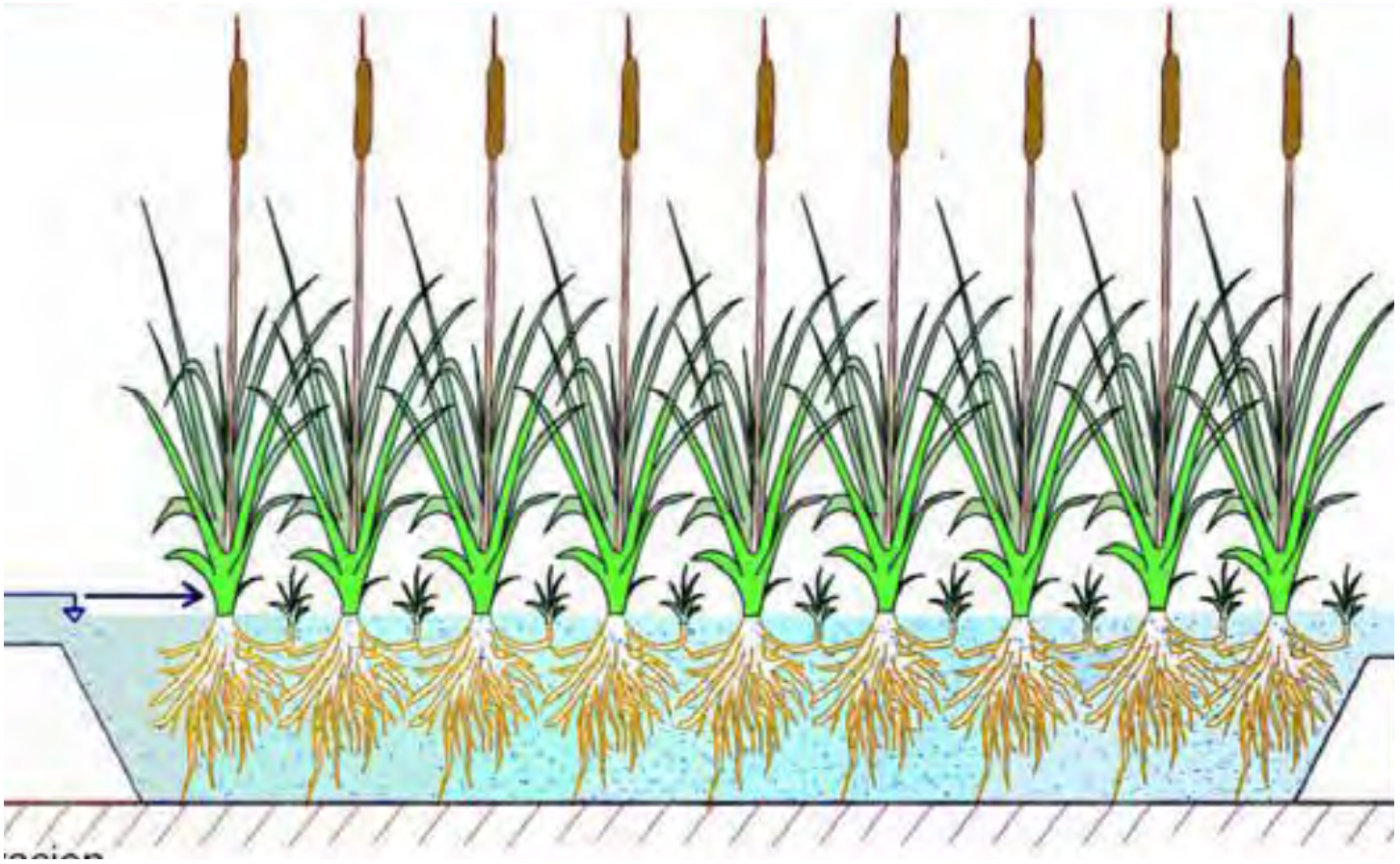
Humedales artificiales: FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL



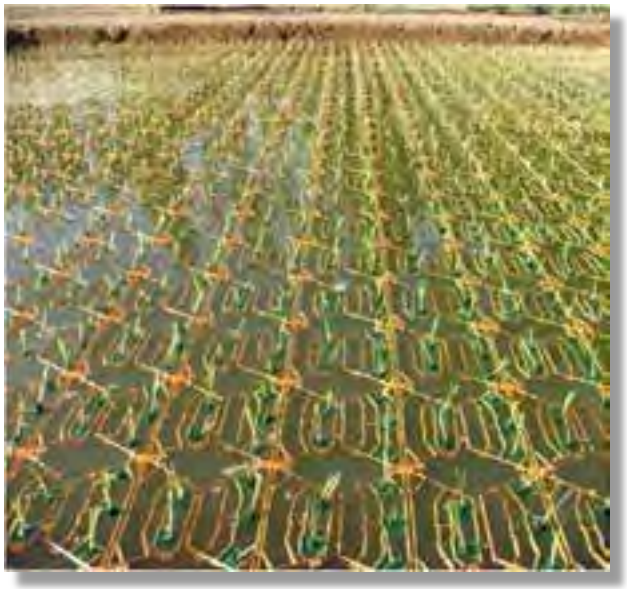
Humedales artificiales: MACROFITAS EN FLOTACIÓN



Humedales artificiales: MACROFITAS EN FLOTACIÓN

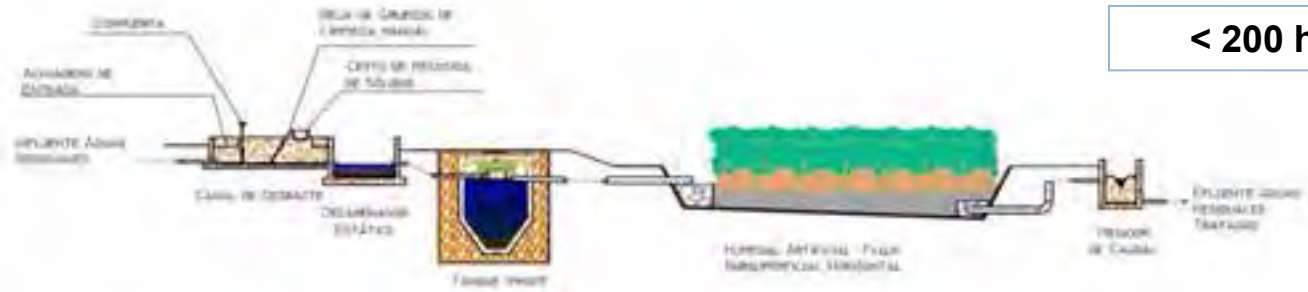


Humedales artificiales: MACROFITAS EN FLOTACIÓN

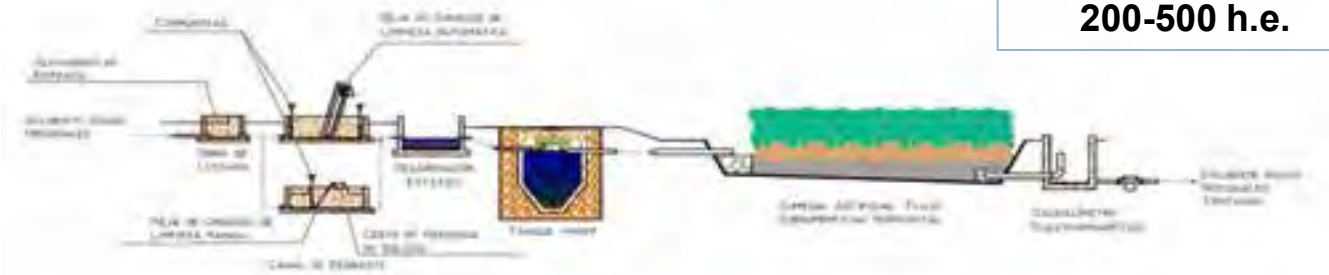


Humedales artificiales: DIAGRAMAS DE FLUJO

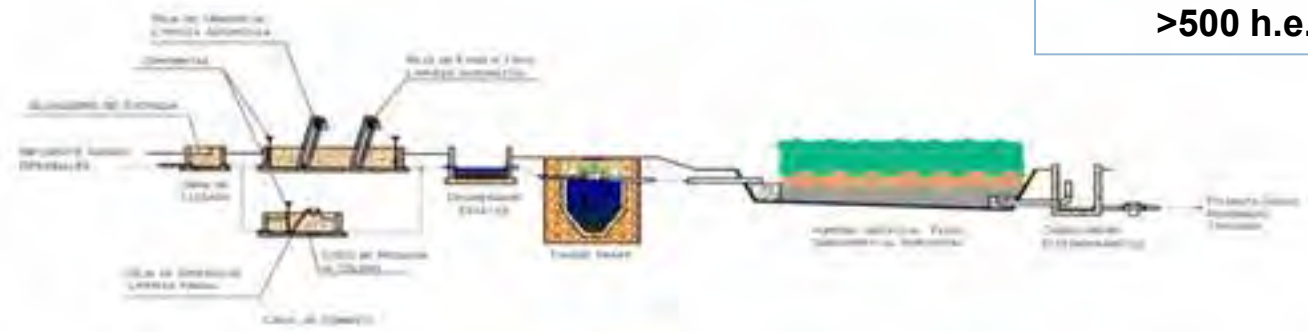
< 200 h.e.



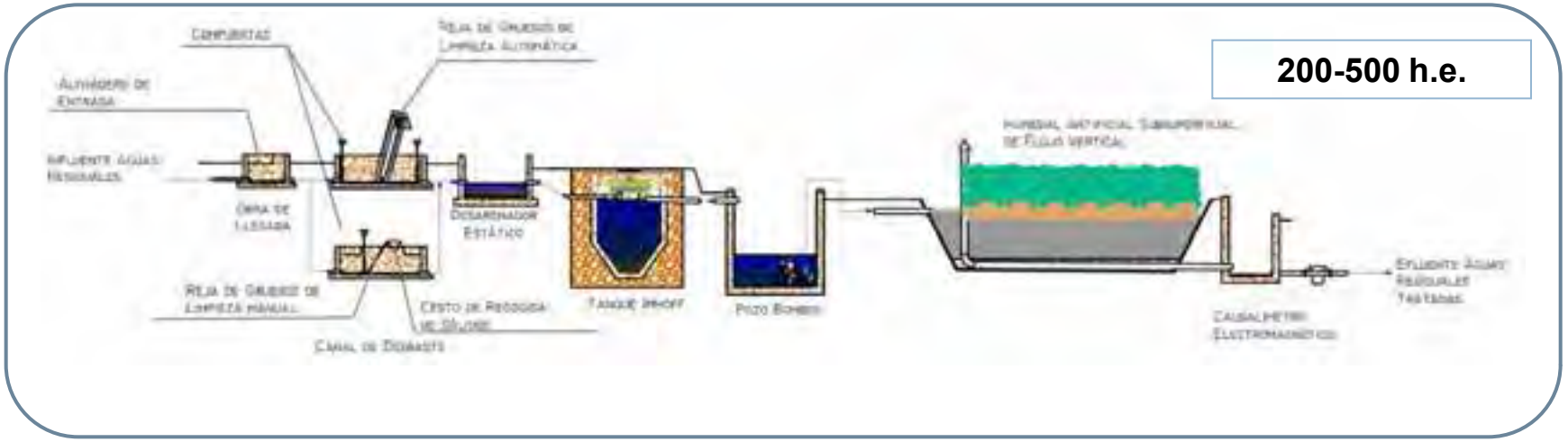
200-500 h.e.

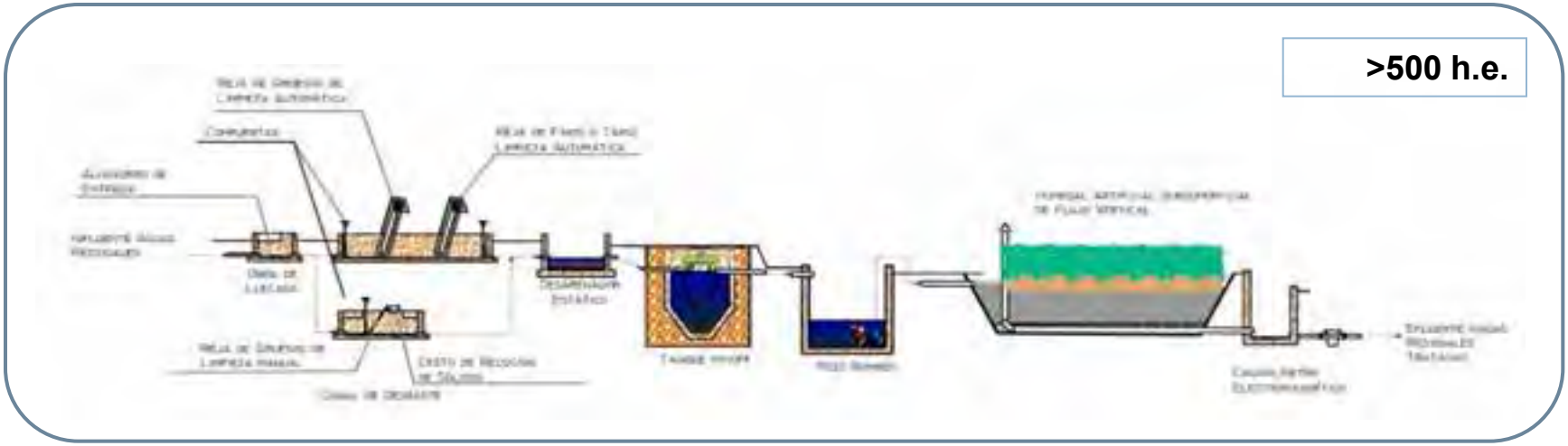


>500 h.e.

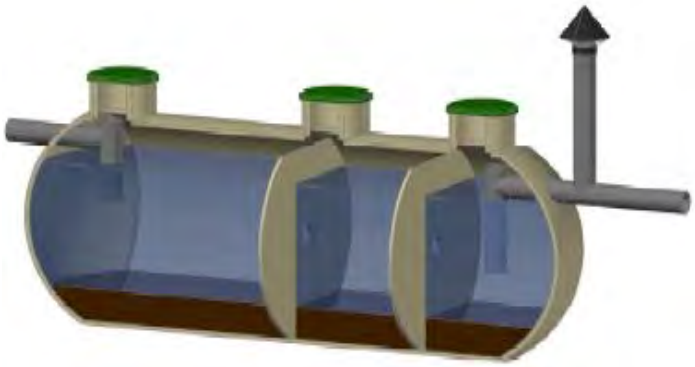


Humedales artificiales: DIAGRAMAS DE FLUJO





Tratamiento primario: Fosas sépticas



Fosas Sépticas: Diseño

Parámetros	Valores recomendados
Velocidad ascensional a Q_m (m/h)	≤1,5
TRH (d)	2 - 3
Volumen útil (l/h.e.)	450

Tratamiento primario: Fosas Sépticas

En ocasiones se dimensiona el volumen útil de las *Fosas Sépticas* en base a la frecuencia establecida para la purga de fangos al caudal medio (Q_m, m^3/d) de aguas residuales a tratar, de acuerdo con la Tabla

Volumen útil de las Fosas Sépticas.

Intervalo de extracción de fangos (años)	Volumen útil de (m^3)
1	2,7 x Q_m
2	3,5 x Q_m
3	4,2 x Q_m

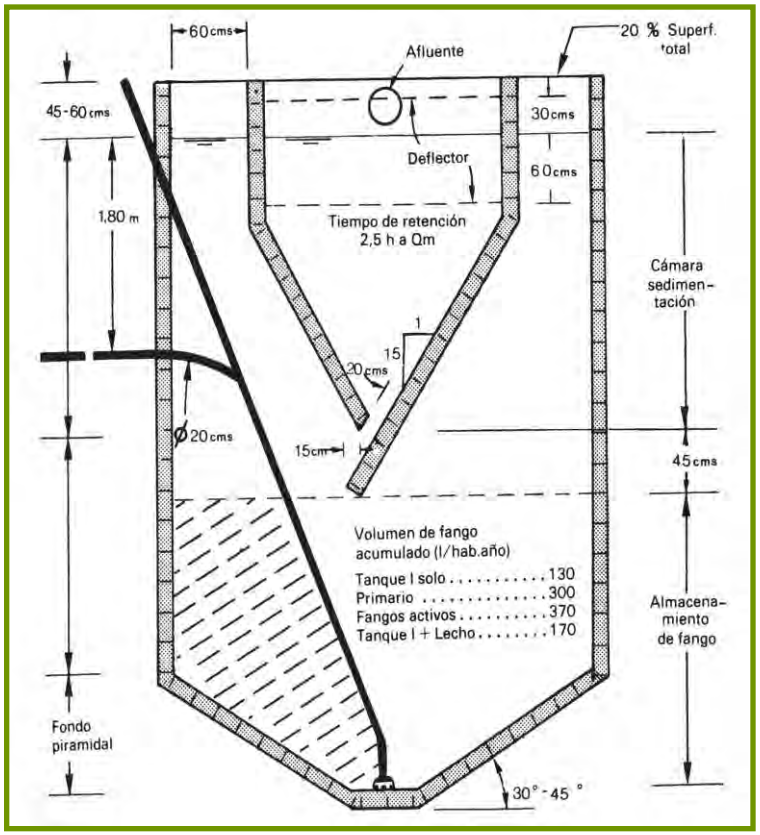
Tratamiento primario: Fosas sépticas

Tratamiento primario: TANQUES IMHOFF

- Los ***Tanques Imhoff constan de un único depósito*** en el que ***se separan la zona de sedimentación***, que se sitúa en la parte superior, ***de la de digestión*** de los sólidos decantados, que se ubica en la zona inferior del depósito.

- **La *configuración de la apertura que comunica ambas zonas impide el paso de gases y partículas de fango de la zona de digestión a la de decantación***, de esta forma se evita que los que los gases que se generan en la digestión no afecten a la sedimentación de los sólidos en suspensión.

- Este sistema se emplea como ***tratamiento previo a Sistemas de Aplicación Subsuperficial al Terreno, y en el caso de pequeñas instalaciones como paso previo de Contactores Biológicos Rotativos o Lechos Bacterianos.***



Tratamiento primario: TANQUES IMHOFF

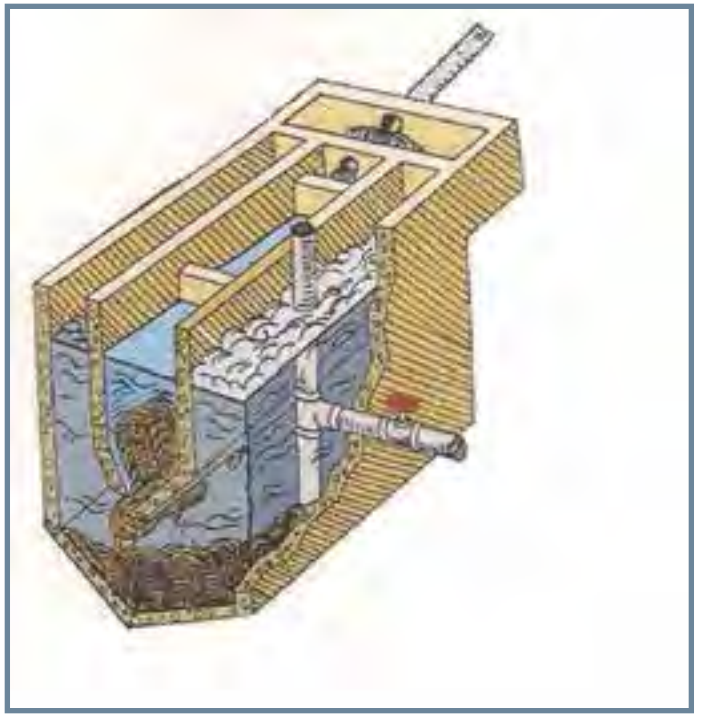
Tanques Imhoff: Diseño

- **Zona de Decantación**

  La ***Zona de Decantación*** de dimensiona para que el ***tiempo de retención hidráulica a caudal máximo sea de 90 minutos*** y para que la ***velocidad ascensional*** a **caudal máximo sea de 1,0-1,5 m/h**

- **Zona de Digestión**

  Para un tiempo de digestión del fango de ***6 meses,*** el valor típico para el dimensionamiento de la Zona de Digestión es de ***0,07 m^3/h.e.***

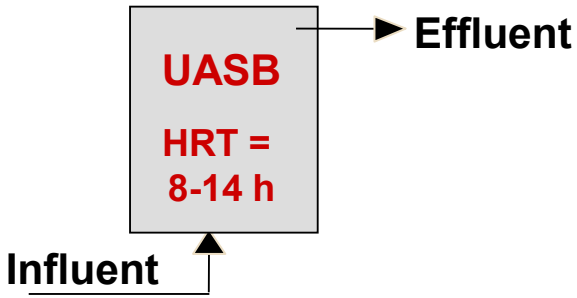


Fuente: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en Zonas Rurales (Lima-Perú 2008)

Tratamiento primario: Tanques Imhoff

Tratamiento primario: REACTOR HIDROLÍTICO ANAEROBIO

Anaerobic methanogenic treatment



T = 10-22ªC

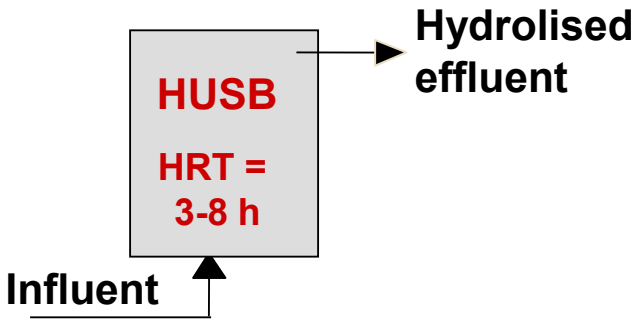
CODr = 60-70%

BOD_5r = 60-80%

TSSr = 60-90%

Sludge: < 5% COD

Anaerobic hydrolitic pre-treatment



T = 10-22ªC

CODr = 30-50%

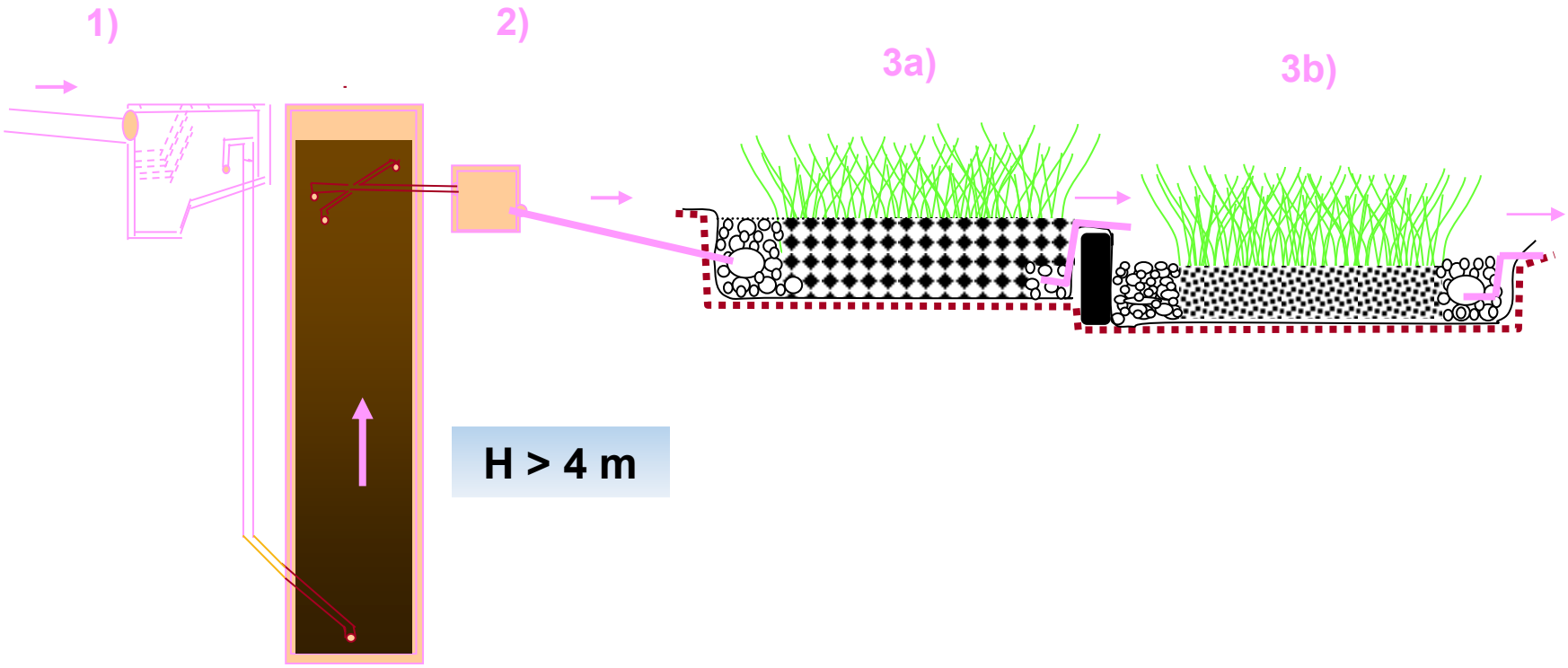
BOD_5r = 40-50%

TSSr = 65-90%

Sludge: 10-30% COD

Reference: Álvarez et al., 2008. Ecological Engineering 33(1), 54-67

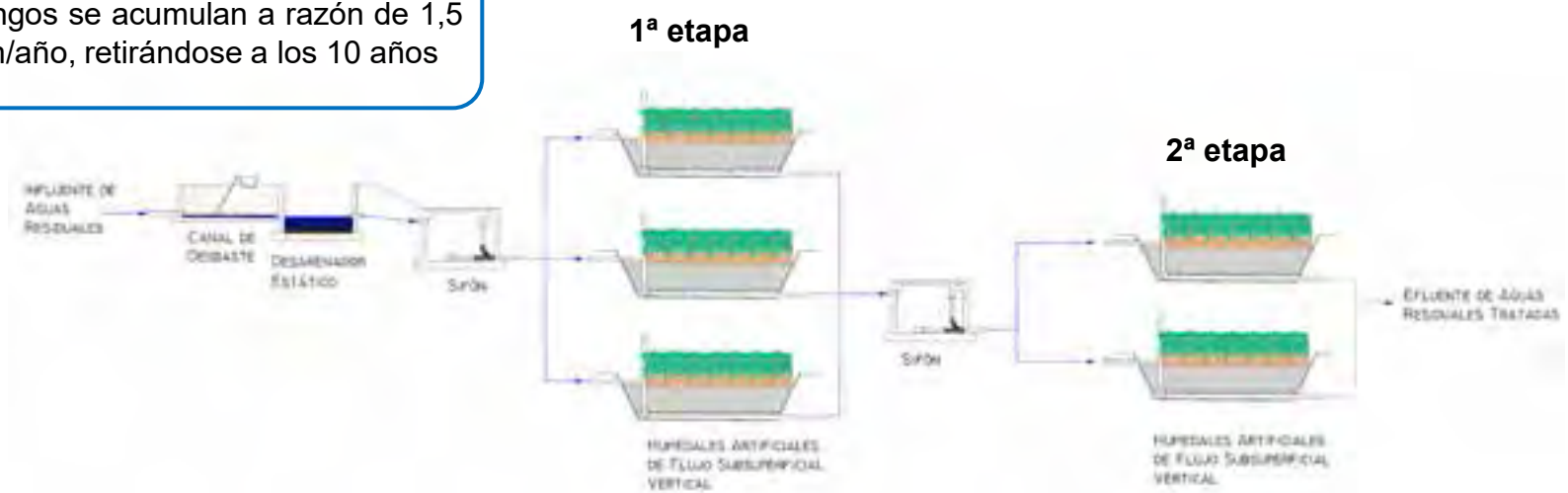
Tratamiento primario: REACTOR HIDROLÍTICO ANAEROBIO



Referencia: Barros et al., 2008. Ecol. Engineering, 33, 142-149.

Humedales artificiales: FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL

En los primeros humedales los fangos se acumulan a razón de 1,5 cm/año, retirándose a los 10 años

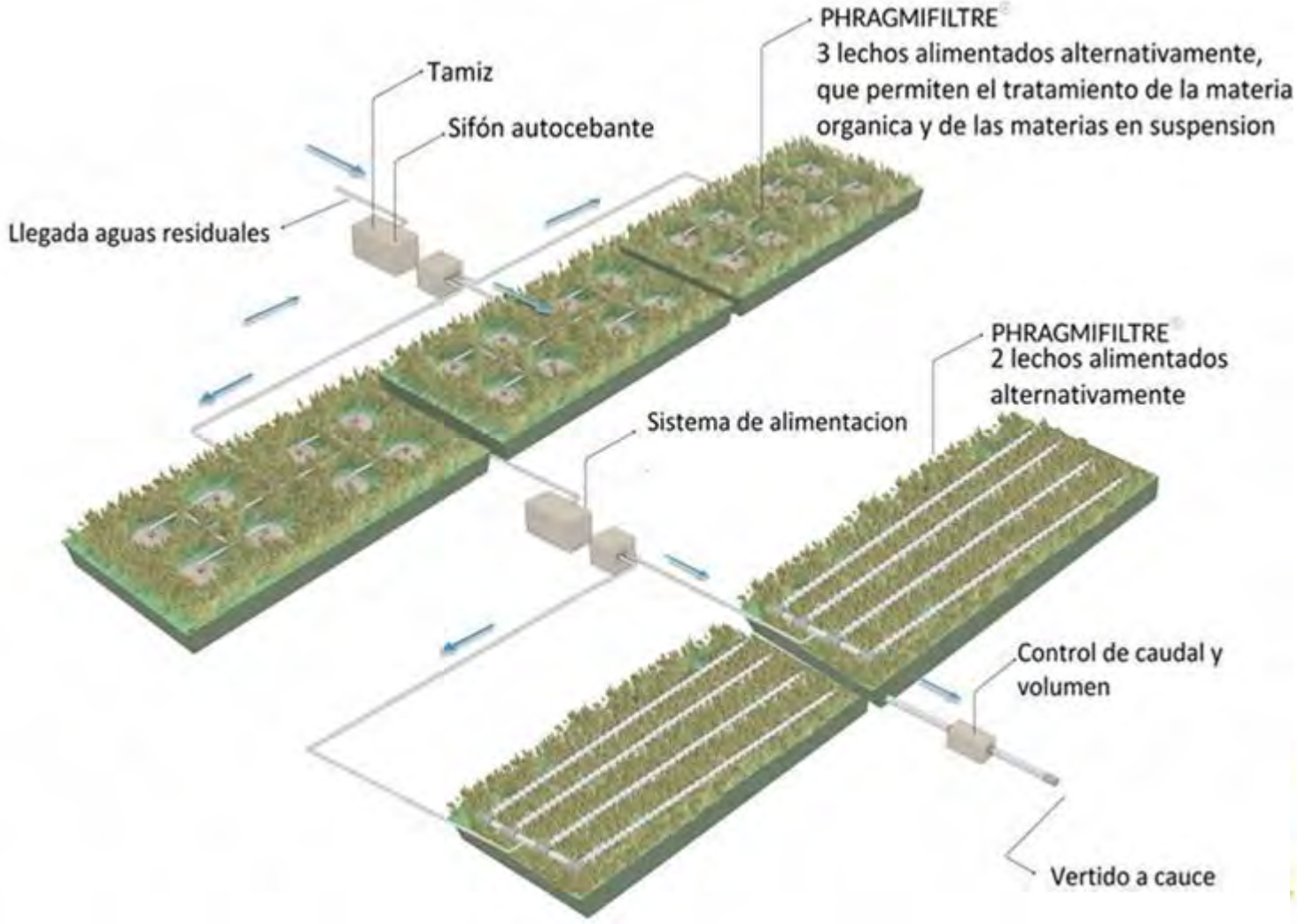


EDAR Albondón (Granada), 800 h.e.

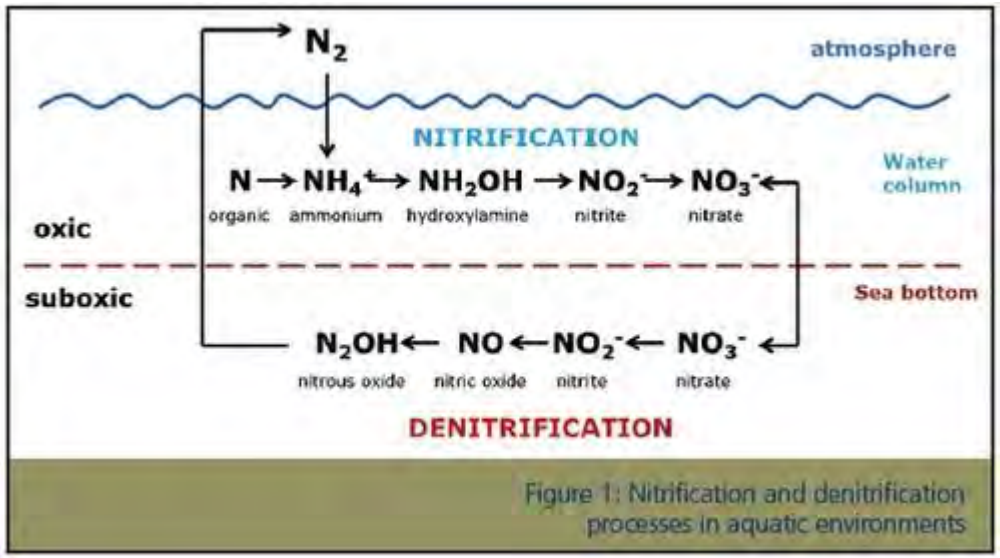
Fase de alimentación: durante 3-4 días las aguas alimentan a un único filtro de la primera etapa.
Fase de reposo: con una duración de al menos dos veces superior a la fase de alimentación (6-8 días).

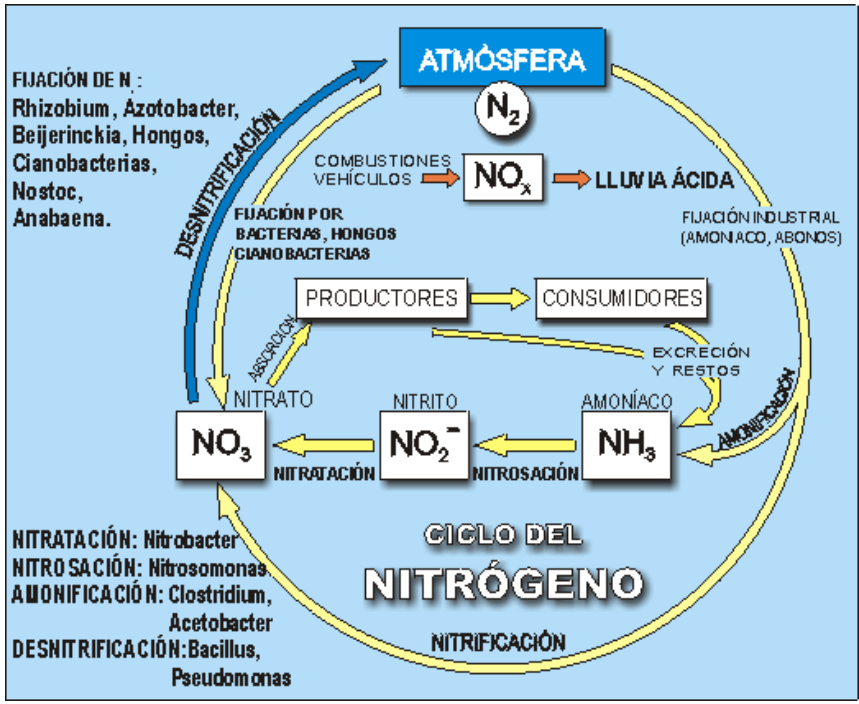
Fase de alimentación: durante 3-4 días las aguas alimentan a un único filtro de la segunda etapa.
Fase de reposo: de 3-4 días.

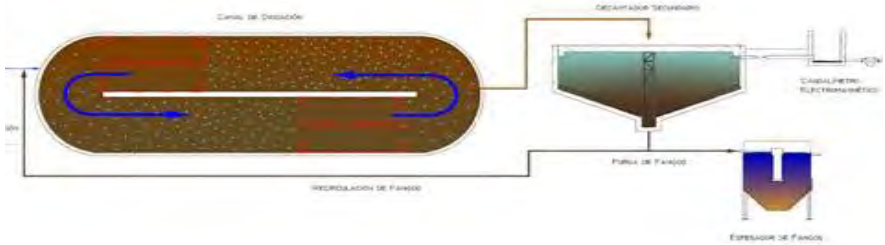
Humedales artificiales: FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL



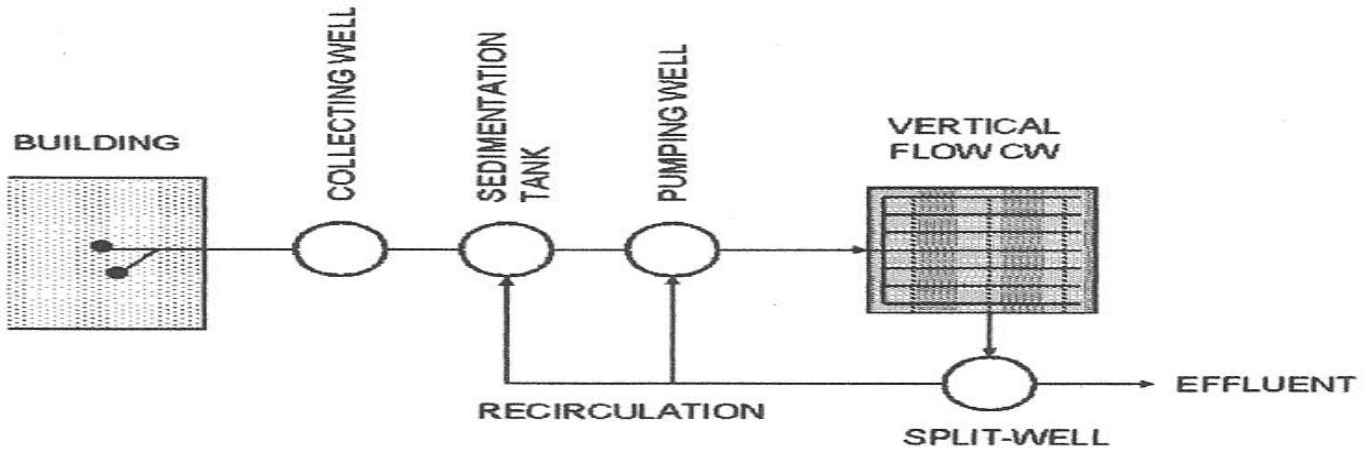
Humedales artificiales: DIAGRAMAS DE FLUJO PARA ELIMINAR NITRÓGENO

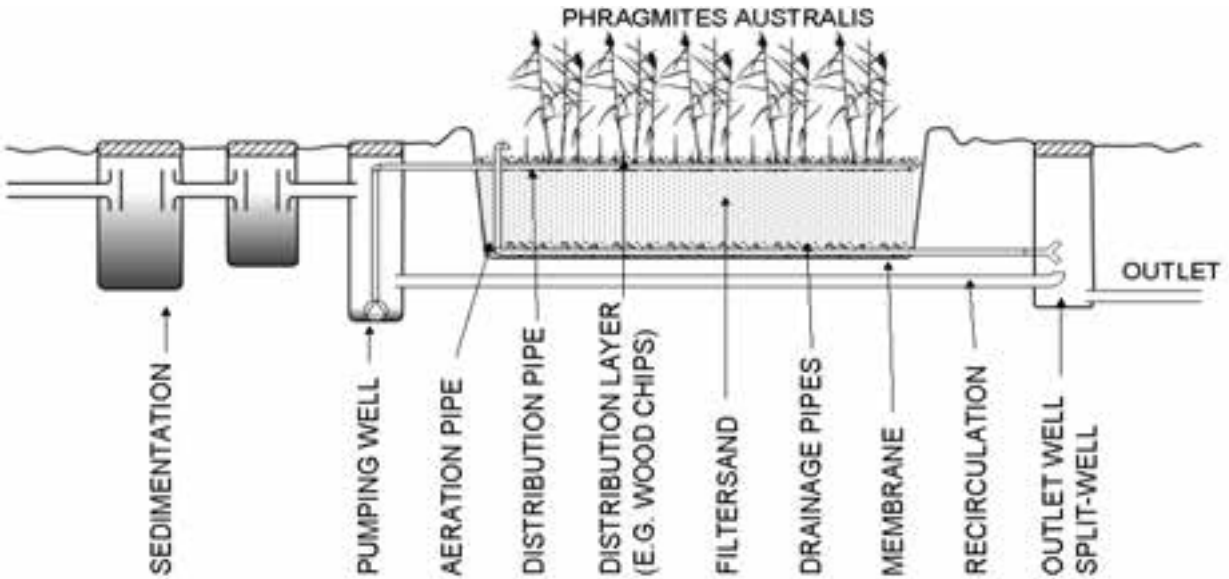




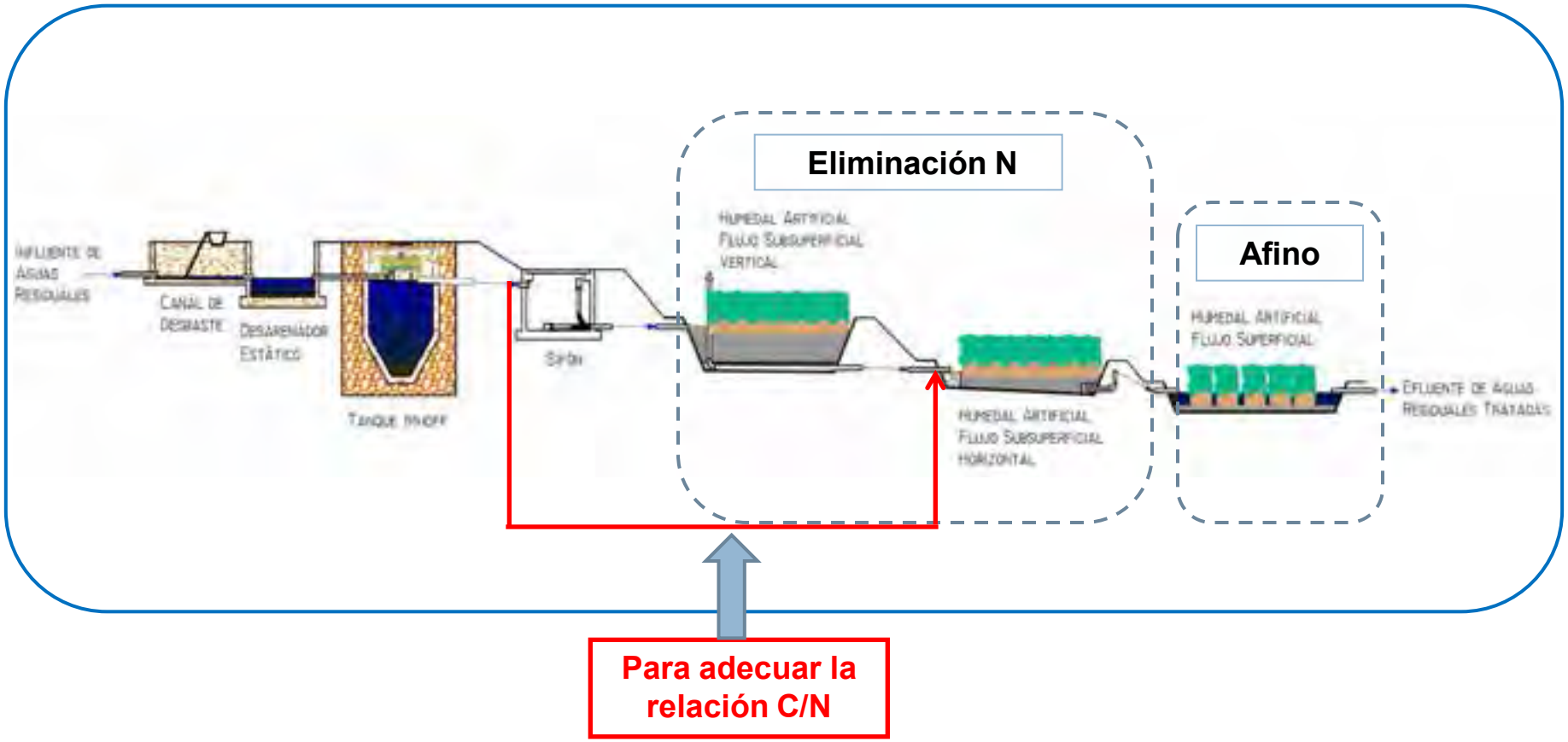


Humedales artificiales: Diagramas de flujo para eliminar nitrógeno

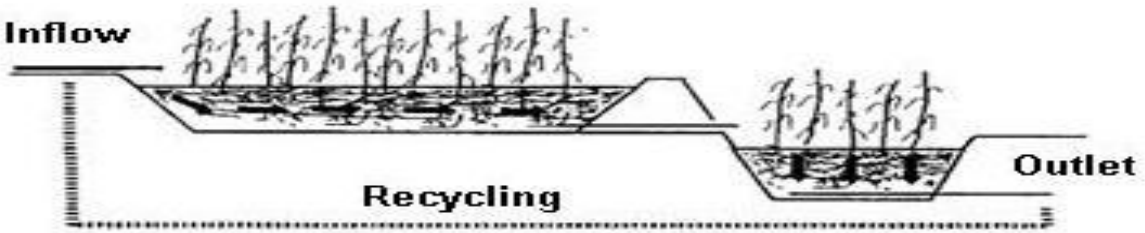


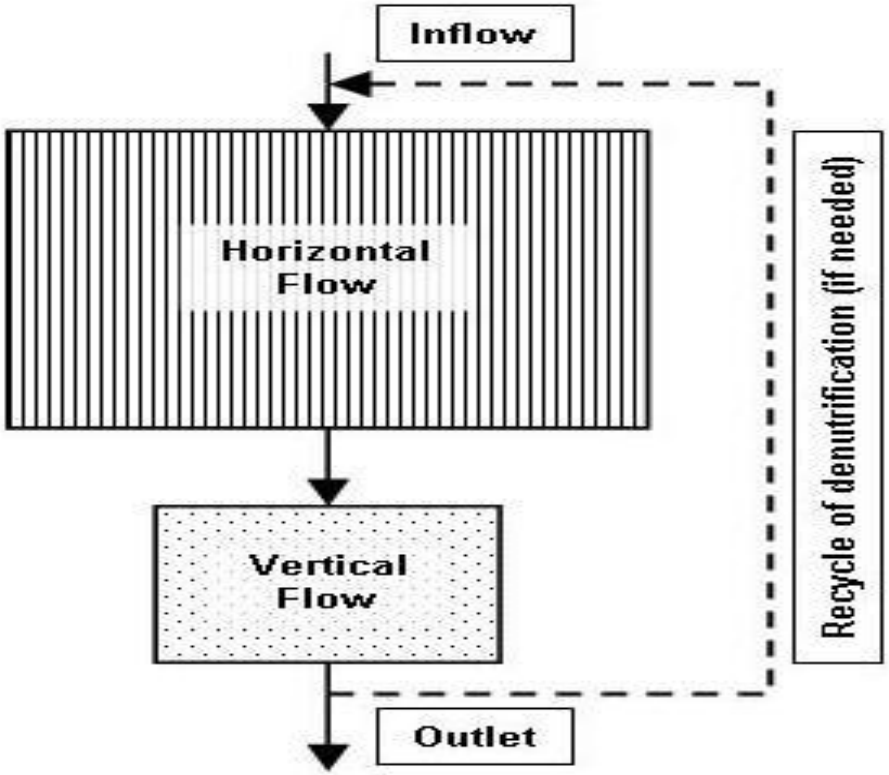


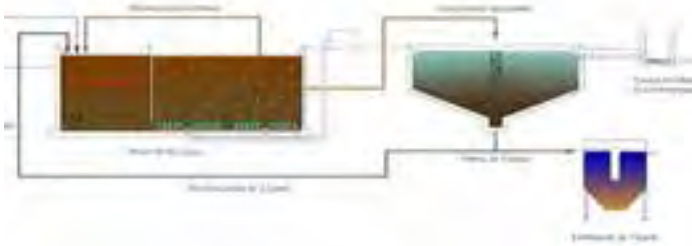
Humedales artificiales: Diagramas de flujo para eliminar nitrógeno



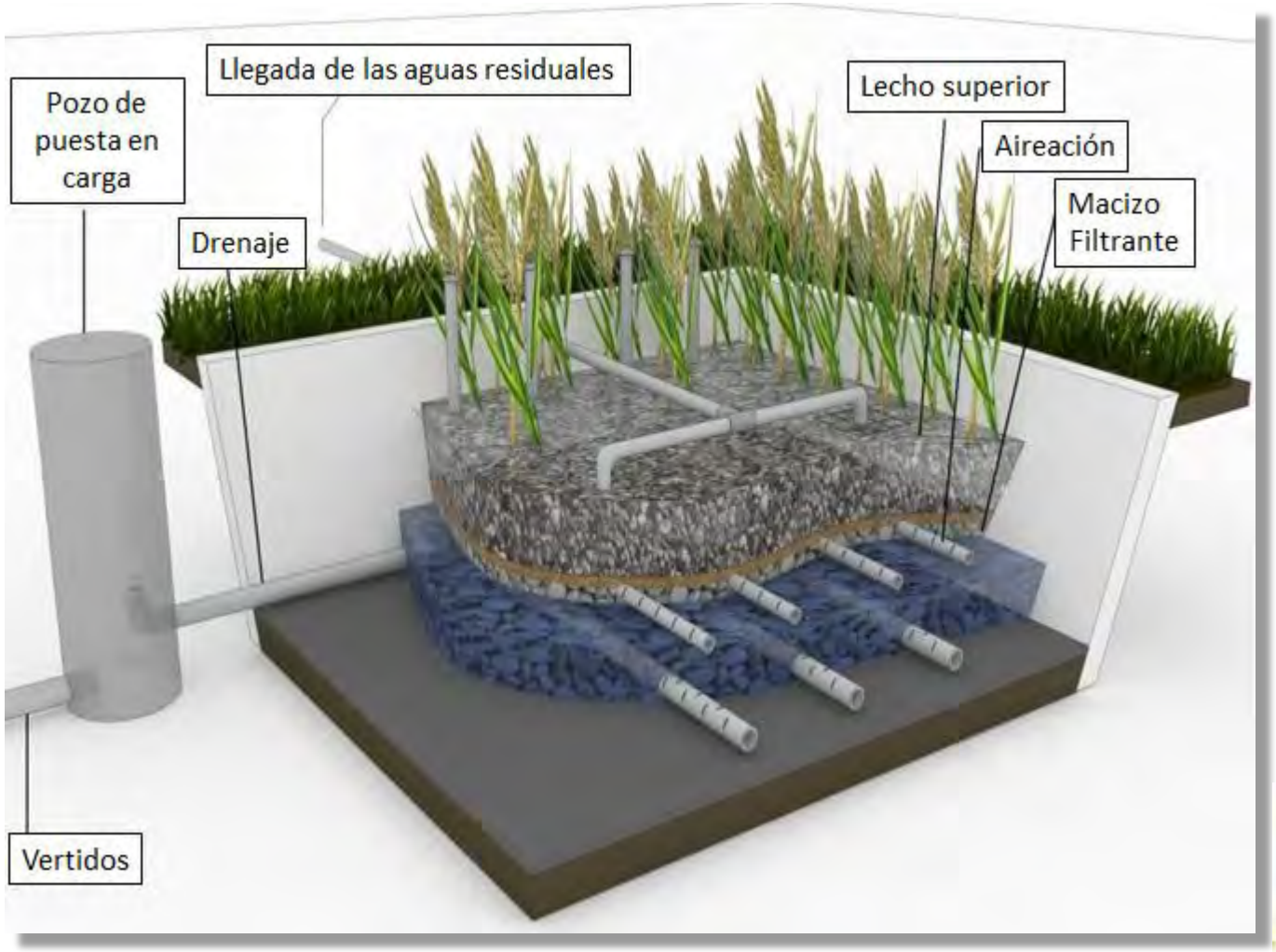
Humedales artificiales: Diagramas de flujo para eliminar nitrógeno







Humedales artificiales: DIAGRAMAS DE FLUJO PARA ELIMINAR NITRÓGENO



http://www.ttdspain.com/stationdepurationpourfiltresBihofiltre.html

Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

Método de Reed y colaboradores

Parte de la base de considerar este tipo de humedales como reactores de flujo pistón, que siguen cinéticas de primer orden para la eliminación de los distintos contaminantes:

$$C_e = C_i \cdot e^{-Kt \cdot t}$$

Siendo:

C_i: concentración del contaminante en cuestión en el influente (mg/l)
C_e: concentración del contaminante en cuestión en el efluente (mg/l)
K_T: constante de reacción (d^{-1})
t: tiempo de residencia hidráulica (d)

$$Ln\ (C_i / C_e) = K_T \cdot t$$

Teniendo en cuenta que el tiempo de residencia hidráulica viene definido por la relación entre el volumen ocupado por el agua en el humedal (volumen efectivo) y el caudal de alimentación al sistema, se tiene que:

$$t = V_f / Q = S \cdot h \cdot p_s / Q$$

Siendo:

V_f : volumen efectivo (m^3)
Q: caudal de alimentación (m^3/d)
S: superficie el humedal (m^2)
h: profundidad de la lámina de agua (m)
p_s: porosidad del sustrato filtrante (en tanto por 1)

$$S = L \times A = \frac{Q \times \ln(C_i / C_e)}{K_T \times h \times \varphi_s}$$

Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

$$S = L \times A = \frac{Q \times \ln(C_i / C_e)}{K_T \times h \times \varphi_s}$$

S: superficie necesaria del humedal (m^2)

L: longitud del humedal (m)

A: anchura del humedal (m)

Q: caudal de alimentación (m^3/d)

C_i: concentración del contaminante en el influente (mg/l). Debe tenerse en cuenta el rendimiento alcanzado en la etapa de tratamiento primario.

C_e: concentración del contaminante en el efluente (mg/l)

K_T: constante de reacción (d^{-1})

h: profundidad de la lámina de agua (m). En *Humedales de Flujo Superficial* es del orden de 0,3-0,4 m, y en *Humedales de Flujo Subsuperficial Horizontal* oscila entre 0,4 y 0,6 m.

φ_s: porosidad del sustrato filtrante (en tanto por 1).

En *Humedales de Flujo Superficial* fluctúa entre 0,65–0,75, dependiendo del grado de desarrollo de la vegetación implantada.

En *Humedales de Flujo Subsuperficial Horizontal,* la porosidad en función del tamaño del sustrato se obtiene mediante Tablas.

Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

Porosidad de distintos sustratos

Tipo de medio	Tamaño efectivo d_{10}^{*} (mm)	Porosidad (p_s)
Arena media	1	0,30
Arena gruesa	2	0,32
Arena pedregosa	8	0,35
Grava mediana	32	0,40
Grava gruesa	128	0,45

Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

La dependencia de la constante de reacción K_T con la temperatura, viene dada por la expresión:

$$K_T = K_R \cdot \theta_R^{(Tw - Tr)}$$

$$S = L \times A = \frac{Q \times \ln(C_i / C_e)}{K_T \times h \times \varphi_s}$$

Siendo:

K_R: constante de reacción a la temperatura de referencia (d^{-1})

T_w: temperatura del agua considerada en el diseño (ºC). Se suele emplear la temperatura media para el mes más frío.

T_r: temperatura (ºC) de referencia a la que se ha calculado el coeficiente θ_R, que suele ser 20 ºC

θ_R: coeficiente de temperatura (adimensional)

Valores de K_R y θ_R, para cada tipo de contaminante

Contaminante a eliminar		DBO_5	NH_4^+ nitrificación	NO_3^- desnitrificación
Humedales Artificiales de Flujo Superficial	K_R (d^{-1})	0,678	0,2187	1
	θ_R	1,06	1,048	1,15
Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal	K_R d^{-1})	1,104	0,01854 + 0,3922 $(h_r)^{2,6077}$	1
	θ_R	1,06	1,048	1,15

h_r: profundidad del lecho ocupado por la rizosfera (m)

Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

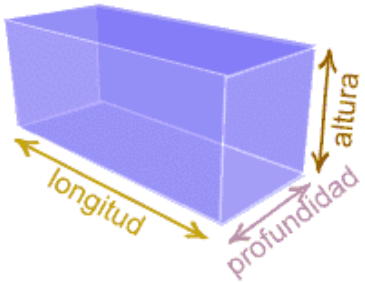
Influencia de la temperatura en el diseño de Humedales Artificiales Horizontales

Temperatura (ºC)	Valor de K_t	Superficie (m^2)	(m^2/h.e.)
4	0,43	2.005	4,3
10	0,62	1.390	3,0
15	0,82	1.051	2,3
20	1,10	780	1,7

Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

- Relación longitud/ancho
  - El dimensionamiento hidráulico sirve para calcular la longitud y anchura del humedal, una vez determinad su superficie. Este dimensionamiento se lleva a cabo aplicando la Ley de Darcy, que describe el régimen de flujo en un medio poroso mediante la expresión:

$$Q = k_s \times A_s \times s$$



Siendo:

Q: caudal de alimentación (m^3/d). Se aconseja tomar el caudal máximo diario, para asegurar que el humedal absorberá bien esta punta.

k_s: conductividad hidráulica del medio filtrante en una sección perpendicular al flujo ($m^3/m^2.d$ ó m/d). Se determina mediante Tablas.

A_s: sección del *Humedal Artificial* perpendicular a la dirección del flujo (m^2).

s: pendiente del fondo del humedal (m/m), su valor suele ser de 0,01 (1%).

Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

Porosidad y Conductividad hidráulica de distintos sustratos

Tipo de medio	Tamaño efectivo d_{10}^{*} (mm)	Porosidad (p_s)	Conductividad hidráulica (m/d)
Arena media	1	0,30	492
Arena gruesa	2	0,32	984
Arena pedregosa	8	0,35	4.920
Grava mediana	32	0,40	9.840
Grava gruesa	128	0,45	98.400

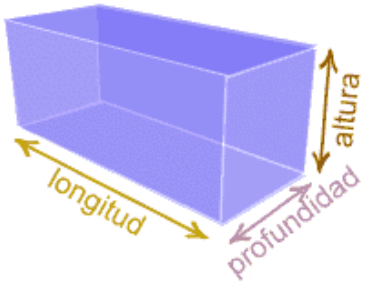
Dado que con el transcurso del tiempo la conductividad hidráulica del sustrato irá disminuyendo (crecimiento de la biopelícula, retención de partículas, etc.), se recomienda adoptar un factor de seguridad de **5**. Es decir, se aplicará el valor de conductividad hidráulica, correspondiente al tamaño del árido empleado como sustrato en el humedal, dividido por 5.

Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

- Relación longitud/ancho
  - A partir de la ecuación anterior se determina el área transversal del humedal:

$$Q = k_s \times A_s \times s$$

$$A_s = \frac{Q}{k_s \times s}$$



A partir del área transversal, se determina la anchura del humedal mediante la expresión:

$$W = \frac{A_s}{h}$$

Siendo:

W: anchura del humedal (m)
h: profundidad del humedal (m)

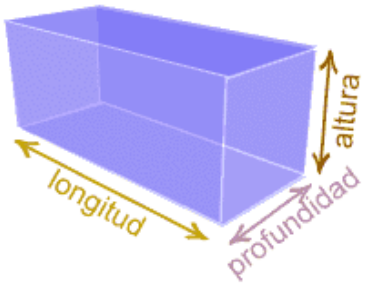
Humedales Artificiales de Flujo Superficial y Subsuperficial Horizontal: diseño

- Relación longitud/ancho
  - Finalmente, la longitud del humedal se determina en base a la superficie y anchura calculadas, mediante la expresión:

$$L = \frac{S}{W}$$

Siendo:

L : longitud del humedal (m)



Una vez determinadas la longitud y anchura del humedal, debe comprobarse que la relación entre ambas dimensiones es como mínimo de 1:1, si esto no ocurre (generalmente se obtienen anchuras bastante mayores que la longitud), se procede a dividir la superficie total en varias celdas, de forma que cumplan este requisito. Generalmente, **L/W ≈2.**

Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Vertical: diseño

La ***superficie necesaria*** se determina en base a datos empíricos, siendo lo habitual emplear valores de carga orgánica aplicada al humedal del orden **14 g $DBO_5/m^2.d$.**

1.- Conocidos el caudal de aguas residuales a tratar (m^3/d) y su concentración en DBO_5 (g/m^3), el producto de ambas cantidades permite obtener la carga (g DBO_5/d) que llega a la estación de tratamiento.

2.- Teniendo en cuenta el rendimiento de la etapa de tratamiento primario (30%), la carga a tratar en el humedal será la de llegada multiplicada por 0,70.

3.- Dividiendo esta carga por la carga orgánica recomendada, se obtiene la superficie (m^2) necesaria de humedal.

Humedales artificiales: Diseño

Humedales Artificiales de Flujo Superficial

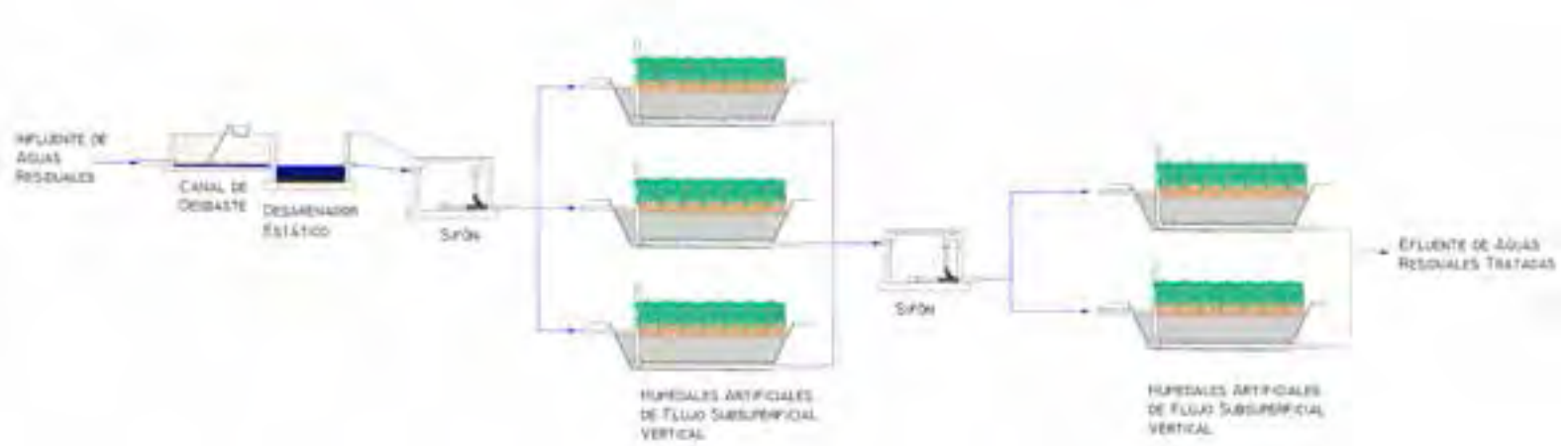
Parámetros	Valor
Tiempo de residencia hidráulico (d)	4 -15
Profundidad del agua (m)	0,1-0,4
Carga orgánica (kg DBO_5/ha.d)	≤ 67
Carga hidráulica ($m^3/m^2.d$)	0,014-0,046

Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial

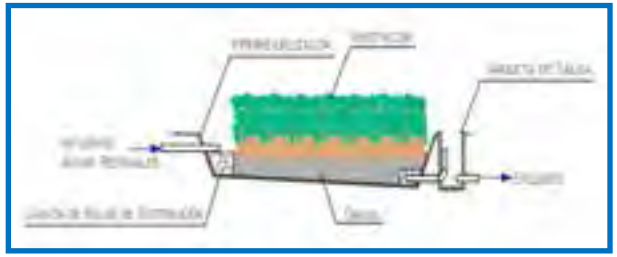
Parámetros	Valor	
	Horizontal	Vertical
Carga orgánica (g $DBO_5/m^2.d$)	12	20
Profundidad media del sustrato (m)	0,4-0,6	0,5-0,8

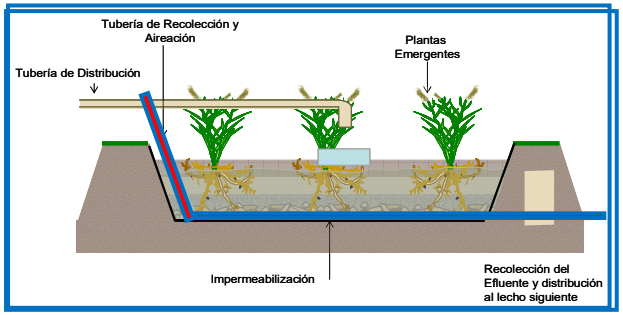
Humedales artificiales: Diseño

- **Diseño modelo francés**
  - **Redes unitarias**
    - **Primera etapa: 1,2 m^2/h.e**
    - **Segunda etapa: 0,8 m^2/h.e**

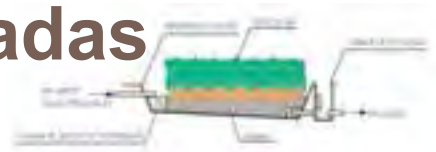


Construcción: excavación e impermeabilización

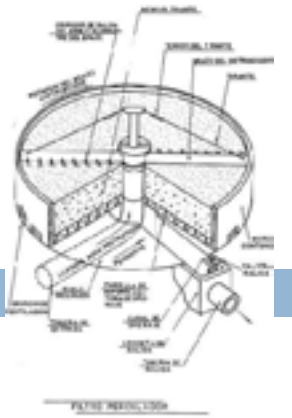


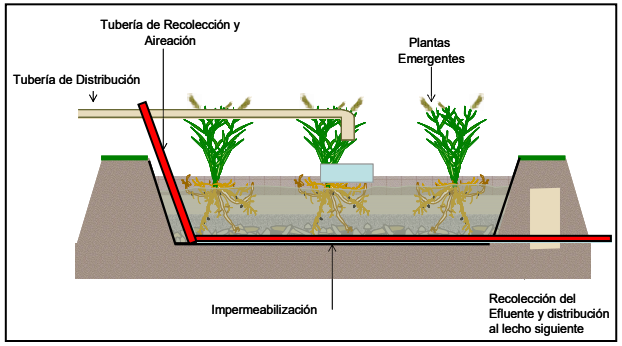


Construcción de Humedales Artificiales Horizontales recogida de las aguas tratadas

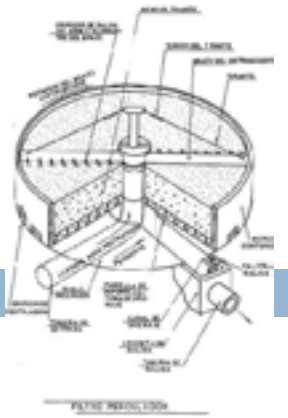


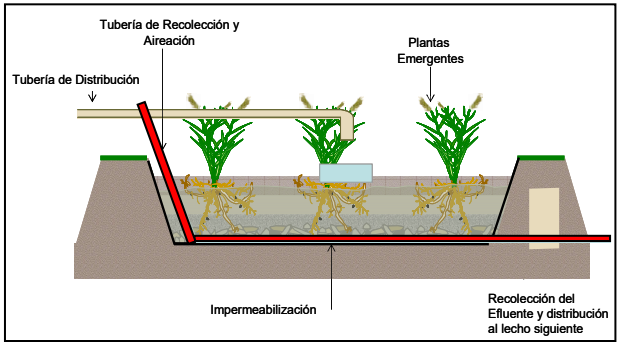
Construcción de Humedales Artificiales Verticales: recogida de las aguas tratadas





Construcción de Humedales Artificiales Verticales: ventilación del sustrato filtrante



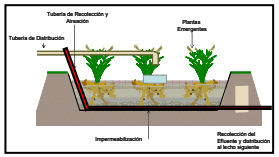


Construcción: el sustrato filtrante

En los **Humedales de Flujo Subsuperficial** el sustrato filtrante constituye la parte esencial del sistema de tratamiento, dependiendo de su **rigurosa selección y adecuada colocación el buen funcionamiento del humedal**, puesto que uno de los mayores riesgos de este tipo de humedales es la posible **colmatación** del medio filtrante.

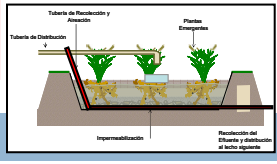
En los **Humedales de Flujo Subsuperficial Horizontal** se recomienda el empleo de **gravilla de 6-12 mm**. En ese tipo de humedales el espesor del sustrato en el punto medio del humedal es de **0,6 m**.

En los **Humedales de Flujo Subsuperficial Vertical** el espesor del sustrato es del orden de **un metro**, y consta de una capa superficial de **arena gruesa** de **10 cm** de espesor, seguida de una capa de **gravilla 3-8 mm**, de **70 cm** de espesor, finalizando en una capa de grava **25-40 mm**, de **20 cm** de espesor, dispuesta en el fondo del humedal, y en la que se embuten las tuberías **drenaje-ventilación**.



Construcción: colocación del sustrato filtrante

Construcción: sistemas de distribución de las aguas a tratar

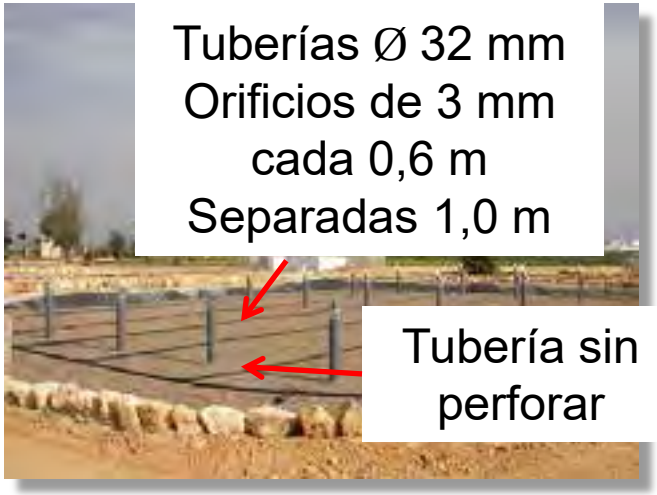


Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal

Tuberías Ø 63 mm
Orificios de 3 mm
cada 0,6 m

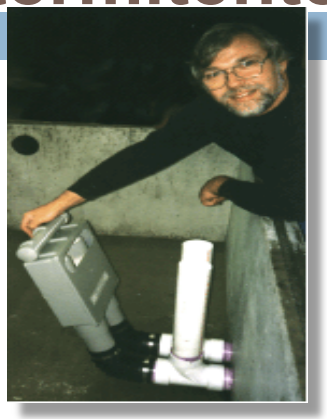
Tapón al final

Zona de bolos 50-100 mm, 2 m



Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Vertical

Construcción de Humedales Artificiales de flujo vertical: sistemas de alimentación intermitente



http://www.rissyplastics.com/

Construcción: plantación

Construcción: plantación

Construcción: plantación

Humedales artificiales: PLANTACIÓN

Integración paisajística

JARDINES DEPURADORES

No se esconden las depuradoras, ¡SE ENSEÑAN!

Humedales artificiales: INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

Centro escolar (Sidwell Friend School, Washington, D. C.)

Humedales artificiales:
INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

	Etapa 1	Etapa 2
Percolación	Vertical	Vertical
Alimentación	Pozo de bombeo	Pozo de bombeo
Dimensiones	9 lechos de 231,5 m^2	4 lechos de 362 m^2

SEGONZAC 1600 HE (2014)

Caudal diario : **208 m^3/dia**

DBO_5 : **96 kg/dia**

Rendimientos

Parámetro	ARU	% Reducción	Efluente (mg/l)	% Reducción	Efluente (mg/l)
		Verticales		Horizontales	
Sólidos en suspensión (mg/l)	237	92	18	92	19
DBO_5 (mg/l)	400	95	20	94	24
DQO (mg/l)	699	88	82	85	105
$N\text{-}NH_4^+$ (mg N/l)	65,9	96	2,5	31	45,4
P_{total} (mg P/l)	10,3	21	8,1	24	7,8
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	$4,8 .10^7$	1,68 u log	$1,0.10^6$	1,81 u log	$7,4.10^5$

- **Condiciones operativas H. Verticales**
- Caudal : 12,2 m^3/d
- Carga hidráulica: 42,4 $l/m^2 \cdot dia$
- Carga orgánica (AR): 17,0 g $DBO_5/m^2 \cdot dia$
- Carga orgánica (TI): 10,5 g $DBO_5/m^2 \cdot dia$

- **Condiciones operativas H. Horizontales**
- Caudal : 8,7 m^3/d
- Carga hidráulica: 31,4 $l/m^2 \cdot dia$
- Carga orgánica (AR): 12,5 g $DBO_5/m^2 \cdot dia$
- Carga orgánica (TI): 7,8 g $DBO_5/m^2 \cdot dia$

PARA FINALIZAR ¡DE VERDAD!

GRACIAS A TOD@S

¡¡¡¡ HA SIDO UN PLACER !!!!

“El Médico del Agua”

www.iagua.es